



⑩ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**
⑪ **Übersetzung der europäischen Patentschrift**
⑫ **Int. Cl.:** H 03 H 21/00

⑬ **EP 0 685 937 B 1**

⑭ **DE 695 20 524 T 2**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

- ① Deutsches Aktenzeichen: 695 20 524.2
② Europäisches Aktenzeichen: 95 108 475.5
③ Europäischer Anmeldetag: 1. 6. 1995
④ Erstveröffentlichung durch das EPA: 6. 12. 1995
⑤ Veröffentlichungstag der Patentansprüche in deutscher Übersetzung: 2. 5. 1996
⑥ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: 4. 4. 2001
⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 27. 9. 2001

⑩ Unionspriorität:	14561594	04. 06. 1994	JP
⑪ Patentinhaber:	Kabushiki Kaisha Kenwood, Tokio/Tokyo, JP		
⑫ Vertreter:	LEINWEBER & ZIMMERMANN, 80331 München		
⑬ Benannte Vertragsstaaten:	DE, FR, GB		
⑭ Filter zur Entfernung von Vielwegverzerrungen			
⑮ Erfinder:	Honma, Souichi, Yokohama-shi, Kanagawa, JP		

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 695 20 524 T 2

95 108 475.5
 Kabushiki Kaisha Kenwood

5

Filter zur Entfernung von Vielwegverzerrungen

Gebiet der Erfindung

10 Die Erfindung betrifft ein Filter zur Entfernung von Vielwegverzerrungen, und insbesondere ein Filter zur Entfernung von Vielwegverzerrungen, welches eine Vielwegverzerrungskomponente beseitigt, die bei Empfang eines FM-modulierten Signals oder eines phasenmodulierten Signals auftritt, unter Verwendung eines Adaptivfilters mit variablen Filtercharakteristiken.

15

Beschreibung des Standes der Technik

Wenn ein FM-moduliertes Signal oder ein phasenmoduliertes Signal empfangen und demoduliert werden soll, ist bekannt, daß eine Vielweg-Übertragung (Vielwegverzerrung) stattfindet, bei der einer direkten Wellenkomponente eine unerwünschte reflektierte Wellenkomponente überlagert wird, die durch ein Gebäude, einen Berg oder dergleichen verursacht wird, was eine Verschlechterung der Empfangsqualität bewirkt, etwa eine Verstärkung der Verzerrung eines demodulierten Signals oder dergleichen. Bei einem stationären Empfänger kann diesem Problem begegnet werden, indem die Richtwirkung einer Antenne für eine Abstimmung auf eine direkte Welle verstärkt wird. Diese Maßnahme läßt sich jedoch nicht auf einen mobilen Empfänger anwenden. Daher wird für einen mobilen Empfänger vorgeschlagen, daß ein Adaptivfilter als Verfahren zur Beseitigung einer Vielwegverzerrung verwendet wird. Dieses Verfahren nutzt die Eigenschaft, daß eine Amplitude (Hüllkurve) eines FM-modulierten Signals festliegt. Ein digitales Filter wird bei

30

einer vor einer Verstärker-Begrenzerschaltung liegenden Zwischenfrequenzstufe eingesetzt, wodurch die Filtercharakteristiken so verändert werden, daß die Ausgangsampieplunde des digitalen Filters feststehend ist.

5 Figur 17 zeigt ein Beispiel eines herkömmlichen Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters. Das Filter von Fig. 17 weist ein FIR-Filter von ausreichendem Grad auf, wie beispielsweise in der untenstehenden Literaturstelle 1 beschrieben.

Literatur 1: J.R. Treichler, B.G. Agee: "A New Approach to Multipath

Correction of constant Modulus Signals", IEEE Trans., Bd.

ASSP-31, Nr. 2, Seiten 459-471 (1983)

In Fig. 17 wird ein digitales Signal eines A/D-gewandelten Zwischenfrequenz-
gnals einem Eingangsanschluß IN zugeführt. Nimmt man den Wert zum Zeitpunkt
n des digitalen Eingangssignals zu x_n an, den Grad eines FIR-Filters 1 zu N, den
Koeffizienten des FIR-Filters 1 zu c_k ($k = 0$ bis N), und den Wert zum Zeitpunkt n
eines digitalen Ausgangssignals, das am Ausgangsanschluß OUT ausgegeben wird,
zu y_n an, ist y_n ausgedrückt durch:

$$y_n = \sum_{k=0}^N c_k x_{n-k}$$

Ihre Matrixdarstellung ist

$$y_n = C^T X$$

25 wobei $C^T = [c_0, c_1, c_2, \dots, c_N]$, $X^T = [x_n, x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_{n-N}]$ ist und der obere Index
T eine transponierte Matrix repräsentiert.

Wird der Referenz-Amplitudenwert zu 1 angenommen, ist der Fehler e_n ausgedrückt durch:

$$e_n = |y_n|^2 - 1$$

5

In einem Adaptiv-Algorithmus ist die Bewertungsfunktion F ausgedrückt durch

$$F = E[e_n^2]$$

10 wobei $E[\cdot]$ eine Erwartungswert-Arithmetik bezeichnet.

Die Entfernung einer Vielwegverzerrung ist synonym mit einer Minimierung von F . Der Filterkoeffizient c_q zur Minimierung von F ist durch den steilsten Gradienten von F bestimmt. Somit erfolgt eine Aktualisierung des Filterkoeffizienten c_q wie folgt, welcher zum nächsten Zeitpunkt $(n + 1)$ verwendet wird.

$$c_q \leftarrow c_q - \alpha (\partial F / \partial c_q)$$

wobei α ein fester Konvergenzparameter ist.

20

Im Beispiel von Fig. 17 quadriert eine Operatorschaltung 2 den Absolutwert von y_n , und eine Subtraktionsschaltung 3 subtrahiert einen Referenz-Amplitudenwert von 1 vom quadrierten Absolutwert, um e_n zu erhalten. Eine Filteraktualisierungseinheit 4 führt eine Erwartungswert-Arithmetik und eine Aktualisierungsberechnung für einen Filterkoeffizienten durch. Auf diese Weise wird ein aktualisierter Filterkoeffizient für das FIR-Filter 1 festgelegt.

25

Figur 18 zeigt ein weiteres Beispiel eines Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters. Das Filter von Fig. 18 weist ein FIR-Filter auf, welches einen nicht

Null betragenden Filterkoeffizienten lediglich an Punkten aufweist, welche ganzzahligen Vielfachen der Verzögerungszeit einer reflektierten Welle entsprechen. Weiter ist eine Multiplikationsschaltung für eine Pegelanpassung auf der Seite der nachfolgenden Stufe des FIR-Filters vorgesehen, welche eine Amplitude einer direkten Welle auf 1 normiert. Dies ist in der nachstehend angegebenen Literaturstelle 3 als verbesserte Version einer in der Literaturstelle 2 offenbarten Erfindung beschrieben.

- 10 Literaturstelle 2: Japanische Patentanmeldung, Offenlegungsnr. 140527/1987
- Literaturstelle 3: Japanische Patentanmeldung, Offenlegungsnr. 62628/1991.

Wenn eine einzige reflektierte Welle beteiligt ist und wenn ein Reflexionskoeffizient bei einer Normierung einer direkten Welle zu 1 und eine Verzögerungszeit der reflektierten Welle zu 1 angenommen wird, ist die Übertragungsfunktion H_{mp} von Vielwegverzerrungen dargestellt durch:

$$H_{mp}(z) = 1 + rz^r$$

Die Übertragungsfunktion H_{eq} , die durch das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter zu realisieren ist, ist eine inverse Funktion von H_{mp} wie dargestellt durch

$$H_{eq}(z) = 1/(1 + rz^r) = 1 - rz^r + r^2z^{2r} - r^3z^{3r} + \dots + (-r)^n z^{nr} + \dots$$

Somit wird H_{eq} bei einem FIR-Filter 5 durch Auswahl eines geeigneten L realisiert.

Im Beispiel von Fig. 18 wird, nach dem Quadrieren eines Absolutwertes des Ausgangswertes y_n vom FIR-Filter 5 bei einer Operationschaltung 6, der quadrierte Ab-

solwert mit einem veränderlichen Verstärkungskoeffizienten g bei einer Pegelanpassungs-Multiplikationsschaltung 7 multipliziert, um eine Amplitude einer direkten Welle auf 1 zu normieren.

5 In diesem Fall ist die Bewertungsfunktion F in einem Adaptivalgorithmus ausgedrückt durch:

$$F = E[e_n^2] = E[|y_n|^2 - 1]$$

10 Eine Subtraktionsschaltung 8 subtrahiert 1 von einer Ausgangsgröße einer Multiplikationsschaltung 7, um einen Fehler e_n zu erhalten und gibt diesen an eine Filter-Aktualisierungseinheit 9 aus.

15 Aktualisierungsausdrücke zum Aktualisieren von r , t , und g durch ein Verfahren des steilsten Gradienten sind

$$\begin{aligned} r &\leftarrow r - \alpha_1 (\partial F / \partial r) \\ t &\leftarrow t - \alpha_2 (\partial F / \partial t) \\ g &\leftarrow g - \alpha_3 (\partial F / \partial g) \end{aligned}$$

wobei $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ feste Konvergenzparameter sind.

25 Die Filter-Aktualisierungseinheit 9 führt eine Erwartungswert-Arithmetik und eine Aktualisierungsberechnung für r , t und g durch. Somit werden aktualisierte Filtercharakteristiken r und t für das FIR-Filter 5 festgelegt, und ein aktualisierter Verstärkungskoeffizient g wird für die Multiplikationsschaltung 7 festgelegt.

Wenn eine Verzögerungseinheit (hier die Abtastzeitdauer für ein digitales Signal) u eines Verzögerungselements des FIR-Filters 5 feststehend ist und viel kleiner als t ist, wird der Filterkoeffizient c_k aus r und t durch die folgenden Ausdrücke erhalten:

$$\begin{aligned} c_k &= (-r)^p & k = p \\ c_k &= 0 & k \neq p \end{aligned}$$

Das erhaltene c_k wird für das FIR-Filter 5 als Aktualisierungsfilterkoeffizient festgelegt. $p = \lfloor v/u \rfloor$ (v ist eine Variable, die einen ganzzahligen Wert größer als 0 annimmt), und ein maximaler ganzzahliger Wert, der v/u nicht überschreitet.

Durch die Erfindung zu lösende Probleme

15 Ein in Fig. 17 dargestelltes Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter ist dadurch gekennzeichnet, daß, wenn ein Konvergenzparameter α ausreichend klein ist, eine Konvergenz ungachtet des Anfangswertes eines Filterkoeffizienten möglich ist. Jedoch bestand das Problem, daß der normalerweise erforderliche Grad N sehr groß war, und zwar 128-256, was eine Erhöhung der Schaltungsgröße und eine längere, für die Konvergenz erforderliche Zeit bewirkte.

Andererseits besteht bei einem in Fig. 18 dargestellten Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter die Möglichkeit, die Schaltungsgröße zu vermindern und die Konvergenz der Filtercharakteristiken zu beschleunigen. Jedoch bestand das Problem, daß nicht korrekt gewählte Anfangswerte ein Nichterreichen der Konvergenz verursachen konnten, bedingt durch die wechselseitige Beeinflussung der drei Parameter r, t und g.

30 GB-A-2,250,667 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Entfernung einer Verzerrung in einem empfangenen Signal. Das empfangene Signal wird mit einer

Adaptiv-Entscheidungsrückkopplungs-Entzerrerschaltung (DFE) geglättet, um ein Signal, um ein rückgewonnenes Trägersignal und ein geschätztes Symbolsignal zu erzeugen. Die DFE reagiert auf das rückgewonnene Trägersignal und das geschätzte Symbolsignal, um ein angepaßtes geglättetes Signal zu erzeugen. Die DFE und der kohärente Detektor werden unter Verwendung einer Rückkopplungseinrichtung gekoppelt, welche erlaubt, daß die DFE und der kohärente Rückgewinnungsdetektor ihre Funktionen in unabhängiger Weise ausführen, um eine optimale Empfangsleistung zu erreichen.

EP-A-0 413 460 offenbart ein Geisterbild-Auslöschsystem und ein Verfahren zur Steuerung eines derartigen Systems. Das Geisterbild-Auslöschsystem unterscheidet, ob Geisterbilder im wesentlichen aus einem Videosignal gelöscht wurden, um eine Gleichgewichtsbedingung zu finden. Das System berechnet einen speziellen Wert, welcher vom im Videosignal enthaltenen Störsignal abhängt. Die Abgriffkoeffizienten, welche gleich oder größer als der spezifizierte Wert sind, werden dann erfaßt, und das System korrigiert diese Abgriff-Koeffizienten lediglich nach Vorliegen der Gleichgewichtsbedingung.

20 Im Hinblick auf den oben erwähnten Stand der Technik ist es ein Ziel der Erfindung, in einer kurzen Zeitdauer eine sichere Konvergenz zu erzielen.

Einrichtungen zur Lösung der Probleme

25 Gemäß der Erfindung wird das obige Ziel durch einen Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter gemäß Anspruch 1 erreicht. Bevorzugte Ausführungsformen sind jeweils in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 5 beansprucht.

Funktionsweise

- Gemäß einem Aspekt der Erfindung werden Charakteristiken einer reflektierten Welle aus einem digitalen Eingangssignal oder einem digitalen Ausgangssignal eines Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 5 erfaßt. Ein digitales Filter des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters wird auf anfängliche Filtercharakteristiken initialisiert, entsprechend den erfaßten Charakteristiken einer reflektierten Welle, bevor eine Anpassungsoperation des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters begonnen wird. Somit ist es möglich, daß das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter eine Filteralgorithmik mit einem geeigneten Anfangsstand beginnt, der für die Charakteristiken einer reflektierten Welle passend ist. Ebenso wird eine Amplitude eines digitalen Ausgangssignals schnell und sicher auf einen vorbestimmten Wert konvergiert, wodurch eine Empfangsausgangsgröße erhalten wird, bei der eine Vielwegverzerrungskomponente eliminiert wurde.
- 15
- Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein digitales Eingangssignal oder ein digitales Ausgangssignal vom Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter einem Adaptivfilter zugeführt, welcher Charakteristiken einer reflektierten Welle aus den Filtercharakteristiken eines digitalen Filters des Adaptivfilters zu einem Zeitpunkt abschätzt, bei dem ein Fehler zwischen einer Ausgangsamplitude des Adaptivfilters und einem Referenz-Amplitudenwert in einem gewissen Ausmaß gering wird. Da das Adaptivfilter, das zum Berechnen der Charakteristiken einer reflektierten Welle verwendet wird, nicht zur Beseitigung von Vielwegverzerrungen dienen soll, sondern zur Abschätzung der Charakteristiken einer reflektierten Welle, paßt es sich einer kleineren Schaltungsgröße an und kann in einfacher Konstruktion realisiert werden.
- 25
- 30
- Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Pegel eines dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter zuzuführenden digitalen Signals erfaßt, und eine Pegelanpassungseinrichtung des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-

Adaptivfilters wird auf eine Pegelanpassungsgröße initialisiert, die zum Pegel eines digitalen Signals umgekehrt proportional ist, wenn eine Anpassungsoperation des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters begonnen wird. Somit kann eine Anpassungsoperation des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters bei einer geeigneten Anfangsgröße der Pegelanpassung begonnen werden. Außerdem kann eine Konvergenz in einer kurzen Zeitdauer erzielt werden, sogar wenn die Differenz zwischen einer Amplitude einer direkten Welle und einer Referenzamplitude groß ist.

10 Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Pegel eines einer Reflexionswellen-Erfassungseinrichtung zuzuführenden digitalen Signals erfaßt, und eine Pegelanpassungseinrichtung eines Adaptivfilters der Reflexionswellen-Erfassungseinrichtung wird auf eine Pegelanpassungsgröße initialisiert, die zum Pegel eines digitalen Signals umgekehrt proportional ist, wenn eine Anpassungsoperation des Adaptivfilters der Reflexionswellen-Erfassungseinrichtung beginnen soll. Somit kann eine Anpassungsoperation des Adaptivfilters bei einer geeigneten Anfangsgröße der Pegelanpassung begonnen werden. Ebenfalls können, auch wenn die Differenz zwischen einer Amplitude einer direkten Welle und einer Referenzamplitude groß ist, Charakteristiken einer abgelenkten Welle in einer kurzen Zeitdauer erfaßt werden, und das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter kann demgemäß initialisiert werden, bevor eine Anpassungsoperation beginnt.

25 Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung ist das Adaptivfilter der Reflexionswellen-Erfassungseinrichtung mit dem auf einer nachfolgenden Stufe zu diesem befindlichen Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter Kaskadenverschaltet, nachdem eine Anpassungsoperation des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters begonnen wird. Somit kann eine verbleibende Reflexionswellenkomponente, welche das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter nicht beseitigen konnte, durch das Adaptivfilter der Reflexionswellen-Erfassungseinrichtung eliminiert werden.

30

Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung weist das digitale Filter des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters ein IIR-Filter ersten Grades in einer einzigen Stufe oder IIR-Filter ersten Grades auf, die in mehr als einer Stufe Kaskaden-verschaltet sind. Somit kann die Schaltungsgröße stark vermindert werden.

Ausführungsformen

Figur 1 ist ein Schaltungsdiagramm, welches ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung zeigt.

Bezugszeichen 10 bezeichnet einen Eingangsanschluß, welchem ein digitales Signal zugeführt wird, das durch A/D-Wandeln eines FM-modulierten oder phasenmodulierten Zwischenfrequenzsignals, welches eine Vielwegverzerrungskomponente beinhaltet, erzeugt wurde; 11 ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter, welches seine Filtercharakteristiken in sukzessiver und angepaßter Weise unter Verwendung der Eigenschaft ändern, daß die Amplitude einer FM-modulierten oder phasenmodulierten Welle festliegt, und vor dem Ausgeben des Signals eine Vielwegverzerrungskomponente aus dem digitalen Eingangssignal eliminiert; 12 einen Ausgangsanschluß, welcher das digitale Signal mit aus diesem entfernter Vielwegverzerrungskomponente an eine nachfolgende Stufe ausgibt; 13 eine Reflexionswellen-Erfassungseinheit, welche Charakteristiken (den Reflexionskoeffizienten r , welcher einen Reflexionswellenpegel bezüglich einer direkten Welle angibt, und die Verzögerungszeit t einer reflektierten Welle bezüglich einer direkten Welle) einer reflektierten Wellenkomponente erfaßt, die in einem digitalen Signal enthalten ist, bevor der Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter in Betrieb gesetzt wird; und 14 eine Steuerschaltung, welche den Beginn einer Anpassungsoperation eines später beschriebenen Adaptivfilters und des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters steuert und welche ein digitales Filter des Vielwegverzerrungs-

Beseitigungs-Adaptivfilters initialisiert, um Filtercharakteristiken entsprechend den Charakteristiken einer reflektierten Wellenkomponente zu initialisieren.

Die Reflexionswellen-Erfassungseinheit 13 weist ein Adaptivfilter 15 auf, welches

5 seine Filtercharakteristiken in sukzessiver und angepaßter Weise verändert, unter Verwendung der Eigenschaft, daß die Amplitude einer FM-modulierten oder phasenmodulierten Welle festliegt, und welche eine Operation des Eliminierens einer Vielwegverzerrungskomponente aus dem digitalen Eingangssignal durchführt, und eine Reflexionswellen-Abschätzungseinheit 16, welcher Filtercharakteristiken zu einem Zeitpunkt, bei dem das Adaptivfilter eine Anpassungsoperation für eine bestimmte Zeitdauer ausgeführt hat, zugeführt werden, um Reflexionswellen-

Charakteristiken (r, t) zu berechnen.

15 Im Adaptivfilter 15 bezeichnet Bezugszeichen 17 eine Multiplikationsschaltung, welche eine Veränderung einer Anpassungsgröße (= Verstärkungskoeffizient g) zum Anpassen eines Amplitudenpegels des digitalen Eingangssignals erlaubt; 18

ein digitales Filter, welches ein FIR-Filter mit variablem Filterkoeffizienten aufweist; 19 eine Operatorschaltung, welche einen Absolutwert einer Ausgangsgröße vom digitalen Filter 18 quadriert; 20 eine Subtraktionsschaltung, welche einen Referenz-Amplitudendewert von 1 von einer von der Operatorschaltung 19 kommenden Ausgangsgröße subtrahiert, um einen Fehler zu erhalten; und 21 eine Filter-Aktualisierungseinheit, welche Aktualisierungswerte eines Verstärkungskoeffizienten und eines Filterkoeffizienten aus einer von der Subtraktionsschaltung 20 und dergleichen kommenden Ausgangsgröße durch ein Verfahren des steilsten Gradienten erhält und die auf diese Weise erhaltenen Aktualisierungswerte für das digitale Filter 18 festlegt.

Nachfolgend wird die Funktionsweise des Adaptivfilters 15 und der Reflexionswellen-Abschätzungseinheit 16 beschrieben.

Wählt man einen Wert zum Zeitpunkt n eines digitalen Eingangssignals zu x_n , einen Verstärkungskoeffizienten der Multiplikationsschaltung 17 zu g , den Grad des digitalen Filters 18 zu N , einen Koeffizienten des digitalen Filters 18 zu c_k ($k = 0$ bis N), und einen Wert zum Zeitpunkt n eines vom digitalen Filter 18 ausgegebenen digitalen Signals zu y_n , gilt der folgende Ausdruck:

$$y_n = gC^T X$$

wobei $C^T = [c_0, c_1, c_2, \dots, c_N]$ und $X^T = [x_n, x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_{n-N}]$ ist.

10 Der Fehler e_n bei einem Referenz-Amplitudenwert von 1 ist ausgedrückt durch

$$e_n = |y_n|^2 - 1$$

Die Auswertungsfunktion F in einem adaptiven Algorithmus ist ausgedrückt durch

$$F = E[e_n^2]$$

20 Wenn ein Verfahren des steilsten Gradienten (LMS-Algorithmus) angewandt wird, bei dem eine Momentanwert-Arithmetik eine Erwartungswert-Arithmetik ersetzt, sind Aktualisierungsausdrücke für einen Verstärkungskoeffizienten g und einen Filterkoeffizienten C wie folgt:

$$\begin{aligned} g &\leftarrow g - \alpha_g (\partial F / \partial g) \\ &= g - 4\alpha_g e_n (|y_n|^2 / g) \quad (1) \\ C &\leftarrow C - \alpha_c (\partial F / \partial C) \\ &= g - 4\alpha_c e_n |y_n|^2 \quad (1) \\ &= C - 2\alpha_c e_n g X^* y_n \quad (2) \end{aligned}$$

wobei der Index "*" eine konjugiert-komplexe Zahl bezeichnet und α_1 und α_2 Konvergenzparameter sind.

Wenn eine Viwegverzerrung eliminiert werden soll, initialisiert die erste Steuer-

schaltung 14 zuerst die Multiplikationsschaltung 17 des Adaptivfilters 15 auf $g = 1$ und das digitale Filter 18 auf $C = [c_0 = 1, c_1 = 0, c_2 = 0, \dots, c_N = 0]$ und aktua-

lisiert auch die Filter-Aktualisierungseinheit 21 auf den gleichen Wert. Dann be-

wirkt die Steuerschaltung 14, daß das Adaptivfilter 15 mit einer Anpassungsopera-

tion beginnt. Während der Anpassungsoperation aktualisiert die Filter-Aktualisie-

rungseinheit 21 sukzessive den Verstärkungskoeffizienten g und den Filterkoeffizi-

enten C für die Multiplikationsschaltung 17 und das digitale Filter 18 in Überein-

stimmung mit den Ausdrücken (1) und (2). Hinsichtlich der Tatsache, daß g im

Bereich 0,3-3,0 schwankt und daß ein Weglassen einer Division durch g im Aus-

druck (1) keine große Auswirkung auf die Konvergenz-Charakteristik hat, kann der

Ausdruck (1)' anstelle des Ausdruckes (1) für die Aktualisierung des Verstärkungs-

koeffizienten g verwendet werden. Dies vermindert die Belastung der Filter-

Aktualisierungseinheit 21 hinsichtlich des Schaltungsaufbaus.

Da das digitale Filter 18 des Adaptivfilters 15 ein FIR-Filter ist, kann es eine Viel-

wegverzerrungskomponente aus einem digitalen Eingangssignal nach dem Beginn

einer Anpassungsoperation in einer stabilen Operation eliminieren. Somit wird,

nach dem Verstärken eines vorbestimmten Zeitraums, der Fehler e_n in einem grö-

ßeren oder kleineren Maße klein. Zu diesem Zeitpunkt nehmen Filterkoeffizienten

c_k einen Absolutwert unterschiedlicher Größe an. Nimmt man eine Verzögerungs-

zeiteinheit eines Verzögerungselements des digitalen Filters 18 als n und eine Ver-

zögerungszeit einer reflektierten Welle bezüglich einer direkten Welle als t' an, be-

wirkt ein Filterkoeffizient c_k , mit k sehr nahe $t'/\Delta u$, außer c_0 , äußerst effektiv die

Beseitigung einer Reflexionswellenkomponente und nimmt einen sehr großen Ab-

solutwert an.

Der Reflexionswellen-Abschätzungseinheit 16 wird der Filterkoeffizient C zugeführt, welcher im digitalen Filter 18 festgelegt wird, und zwar von der Filter-Aktualisierungseinheit 21, nachdem eine vorbestimmte Zeitdauer nach Beginn der Anpassungsoperation des Adaptivfilters 15 verstirichen ist. Auch die Reflexionswellen-Abschätzungseinheit 16 wählt einen Filterkoeffizienten c_m , welcher einen maximalen Absolutwert außerhalb c_0 besitzt. Die Reflexionswellen-Abschätzungseinheit 16 schätzt dann Charakteristiken einer reflektierten Welle ab, wobei sie einen Absolutwert von c_m als Reflexionskoeffizienten r und μ als Verzögerungszeit t nimmt, und gibt die Abschätzungsdaten an die Steuerschaltung 14 aus.

Da das digitale Filter 18 nicht zur Beseitigung einer Vielwegverzerrung dient, sondern Charakteristiken einer reflektierten Welle abschätzen soll, ist ein Grad von N von 16-32 ausreichend. Im Vergleich mit dem in Fig. 17 dargestellten Stand der Technik ist der Grad N viel geringer, und somit wird die Schaltungsgröße geringer.

Gemäß der Ausführungsform werden der Reflexionswellen-Abschätzungseinheit 16 Filterkoeffizienten des digitalen Filters 18 zugeführt, nachdem eine vorbestimmte Zeitdauer nach dem Beginn der Anpassungsoperation des Adaptivfilters 15 verstirichen ist, um die Charakteristiken einer reflektierten Welle abzuschätzen. Jedoch kann die Reflexionswellen-Abschätzungseinheit 16 auch den von der Subtraktionsschaltung 20 des Adaptivfilters 15 ausgehenden Fehler e_n überwachen und es können ihr die Filterkoeffizienten des digitalen Filters 18 zugeführt werden, wenn e_n ein bestimmter vorbestimmter Wert oder weniger wird, um Charakteristiken einer reflektierten Welle zu berechnen.

Im Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11 bezeichnet Bezugszeichen 22 eine Multiplikationsschaltung, welche die Veränderung einer Anpassungsgröße (= Verstärkungskoeffizient g) erlaubt, um einen Amplitudenpegel eines digitalen Eingangssignals anzupassen; 23 ein digitales Filter, das ein IIR-Filter ersten Grades aufweist, welches eine Veränderung einer Verzögerungszeit eines Verzögerungsse-

24 eine Operatorschaltung, welche einen Absolutwert einer Ausgangsgröße des digitalen Filters 23 quadriert; 25 eine Subtraktionsschaltung, welche einen Referenz-Amplitudenwert von 1 von einer von der Operationsschaltung 24 kommenden Ausgangsgröße subtrahiert, um einen Fehler zu erhalten; und 26 eine Filter-Aktualisierungseinheit, welche Aktualisierungswerte des Verstärkungskoeffizienten, der Verzögerungszeit und des Multiplikationskoeffizienten aus einer von der Subtraktionsschaltung 25 und dergleichen kommenden Ausgangsgröße durch das Verfahren des steilsten Gradienten erhält und auf diese Weise erhaltene Aktualisierungswerte für das digitale Filter 23 festlegt.

Nachfolgend wird die Funktionsweise des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11 beschrieben.

15 Ein IIR-Filter ersten Grades kann als großes FIR-Filter des Grades L betrachtet werden, welches den unten ausgedrückten Filterkoeffizienten c_k besitzt.

$$c_k = (-r)^p \quad k = p$$

$$c_k = 0 \quad k \neq p.$$

Nimmt man eine Verzögerungseinheit eines Verzögerungselements im FIR-Filter als u an, ist $p = [vr/u]$ (v ist eine Variable, welche einen ganzzahligen Wert größer als 0 annimmt), eine maximale Ganzzahl, die vr/u nicht überschreitet.

25 Nimmt man einen Wert zum Zeitpunkt n eines digitalen Eingangssignals als x_n an, einen Verstärkungskoeffizienten der Multiplikationsschaltung 22 als g , einen Koeffizienten des digitalen Filters 23, der als FIR-Filter betrachtet wird, als c_k ($k = 0$ bis L), und einen Wert zum Zeitpunkt n eines vom digitalen Filter 23 ausgegebenen digitalen Signals als y_n an, gilt für das Adaptivfilter 15 der folgende Ausdruck.

31.05.01

$$y_n = g^T C^T X$$

wobei $C^T = [c_0, c_1, c_2, \dots, c_L]$ und $X^T = [x_n, x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_{n-L}]$ ist.

5 Der Fehler e_n bei einem Referenz-Amplitudenwert von 1 ist ausgedrückt durch

$$e_n = |y_n|^2 - 1$$

Die Auswertungsfunktion F in einem Adaptivalgorithmus ist ausgedrückt durch

$$F = E [e_n^2]$$

15 Wenn das Verfahren des steilsten Gradienten (LMS-Algorithmus) angewandt wird, wobei eine Momentanwert-Arithmetik eine Erwartungswert-Arithmetik ersetzt, sind Aktualisierungsausdrücke für einen Verstärkungskoeffizienten g der Multiplikationsanschaltung 22, für einen Multiplikationskoeffizienten r eines Multiplikationsselements des digitalen Filters 23, und die Verzögerungszeit t eines Verzögerungselements wie folgt:

$$\begin{aligned} 20 \quad g &\leftarrow g - \beta_1 \left(\frac{\partial F}{\partial g} \right) \\ &= g - 4\beta_1 e_n \quad (|y_n|^2 / g) \\ &= g - 4\beta_1 e_n |y_n|^2 \\ &\quad \left(\frac{\partial F}{\partial r} \right) \\ &\quad \left(\frac{\partial F}{\partial t} \right) \\ 25 \quad r &\leftarrow r - \beta_2 \left(\frac{\partial F}{\partial r} \right) \\ &= r - 4\beta_2 e_n y_n \quad (g X^T \partial C / \partial r)^* \\ &\quad \left(\frac{\partial F}{\partial t} \right) \\ &= r - 2\beta_3 e_n R^* \quad \{ y_n^* (g C^T (\partial X / \partial t)) \} \\ (6) \end{aligned}$$

wobei $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ Konvergenzparameter sind.

$\partial C / \partial t$ in Ausdruck (5) ist wie folgt:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} &= -p \cdot (-t)^{p-1} & k = p \\ \frac{\partial C}{\partial t} &= 0 & k \neq p \end{aligned}$$

Ebenso ist $\partial x_i / \partial t$ in Ausdruck (6) wie untenstehend unter Verwendung der kubischen Lagrangeschen-Interpolation ausgedrückt.

$$\frac{\partial x_i}{\partial t} = (k/2t) (x_{k+1}^* - x_{k-1}^*)$$

(Siehe Literaturstelle 2, rechte Spalte unten auf Seite 142 bis linke Spalte oben auf Seite 144)

Wenn die Steuerschaltung 14 bewirkt, daß das Adaptivfilter 15 mit einer Anpassungsoperation beginnt, legt sie den Verstärkungskoeffizienten $g = 1$ für die Multiplikationsschaltung 22 des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11 und den Multiplikationskoeffizienten $r = 0$ für das digitale Filter 23 fest, und setzt das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter mit einer auf 1 festgelegten Übertragungsfunktion in Betrieb (dessen Anpassungsoperation wird noch nicht begonnen).

Dann nimmt die Steuerschaltung 14, wenn ihr der Reflexionskoeffizient r und die Verzögerungszeit t von der Reflexionswellen-Abschätzungseinheit 16 zugeführt werden, diese als Anfangs-Filtercharakteristiken und initialisiert das digitale Filter 23 des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters und der Filter-Aktualisierungseinheit 26 auf die zugeführten Werte. Dann bewirkt die Steuerschaltung 14, daß das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11 mit einer Anpassungsoperation beginnt. Das y -fache (y ist ein festgelegter Wert größer als 1) des von der Reflexionswellen-Abschätzungseinheit 16 zugeführten Reflexionskoeffizienten r kann als Anfangswert für die Initialisierung verwendet werden.

Während einer Anpassungsoperation aktualisiert die Filter-Aktualisierungseinheit 26 sukzessive den Verstärkungskoeffizienten g für die Multiplikationsschaltung 22, den Multiplikationskoeffizienten r für das digitale Filter 23, und die Verzögerungszeit t in Übereinstimmung mit den Ausdrücken (4), (5) bzw. (6). Der Ausdruck (4) kann anstelle von Ausdruck (4) verwendet werden.

Auch wenn es sich bei dem digitalen Filter 23 um ein IIR-Filter handelt, kann es, da es entsprechend Charakteristiken einer reflektierten Welle zum Zeitpunkt des Beginns einer Anpassungsoperation auf optimale Filtercharakteristiken initialisiert wird, in stabiler Weise eine Anpassungsoperation ausführen. Somit bewerkstelligt es schnell eine Konvergenz und gibt nach dem Verstärken einer bestimmten Zeit ein digitales Signal, aus dem eine Vielwegverzerrungskomponente eliminiert wurde, aus dem Ausgangsanschluß 12 aus. Da es sich beim digitalen Filter 23 um ein IIR-Filter ersten Grades handelt, ist seine Schaltungsgröße sehr klein.

Figur 2 zeigt einen Schaltungsaufbau, wenn ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter gemäß der ersten Ausführungsform auf einen FM-Radioempfänger angewandt wird. Bei einer Vorfeldschaltung 31 wird ein Hochfrequenzsignal einer gewünschten Station aus einem von einer Antenne 30 empfangenen Signal extrahiert, und das Hochfrequenzsignal wird in ein Zwischenfrequenzsignal umgewandelt, welches dann von dieser ausgegeben wird. Das Zwischenfrequenzsignal wird bei einem A/D-Wandler 32 in ein digitales Signal umgewandelt. Dieses digitale Signal enthält eine Vielwegverzerrungskomponente. Die Vielwegverzerrungskomponente wird bei einem Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter 33 eliminiert, welches wie dargestellt in Fig. 1 aufgebaut ist. Dann wird ein Audiosignal bei einem digitalen Demodulator demoduliert. Das Audiosignal wird bei einem D/A-Wandler 35 in ein analoges Audiosignal umgewandelt. Das analoge Audiosignal wird an einen (nicht dargestellten) nachfolgenden Niederfrequenzverstärker ausgegeben. Da eine Vielwegver-

zerrungskomponente aus dem Audiosignal eliminiert wurde, ist ein unverzerrtes

Audiosignal zu hören.

Figur 3 zeigt, wie sich $|y_a|^2$ am Ausgangsanschluß 12 des Vielwegverzerrungs-

Beseitigungsfilters ändert, wenn der FM-Radioempfänger von Fig. 2 eine FM-

modulierte Welle eines 1 KHz-Sinuswellen-Monosignals empfangen hat, dem eine

einzige reflektierte Welle hinzugefügt wird. Fig. 4 zeigt, wie sich eine demodu-

lierte Ausgangsgröße vom digitalen Demodulator 34 ändert. Fig. 5 zeigt Werte der

Filterkoeffizienten c_i des digitalen Filters 18 zu einem Zeitpunkt, bei dem die Re-

flexionswellen-Abschätzungseinheit 16 Charakteristiken einer reflektierten Welle

abgeschätzt hat.

Die Konditionen, die sich hierbei eingestellt haben, sind wie folgt: Die Abtastre-

quenz des A/D-Wandlers 32 = 912 KHz; Reflexionskoeffizient r einer reflektierten

Welle = 0,5; Verzögerungszeit = 30 Abtastzeiträume; und Grad N des digitalen

Filters 18 des Adaptivfilters 15 = 32. Das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-

Adaptivfilter 11 wird auf $g = 1$ und $r = 0$ festgelegt, sobald eine Anpassungs-

schätzungseinheit 16 Charakteristiken einer reflektierten Welle basierend auf einem

Filterkoeffizienten des Adaptivfilters 15 zu einem Zeitpunkt nach Verstärken von

600 Schritten. Basierend auf den berechneten Werten initialisiert die Steuerschal-

tung 14 das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11 und bewirkt den Be-

ginn von dessen Anpassungsoperation.

Wie aus Fig. 5 zu sehen, zeigt der Filterkoeffizient c_{30} einen maximalen Absolut-

wert zu einem Zeitpunkt, bei dem 600 Schritte nach dem Beginn einer Anpass-

ungsoperation des Adaptivfilters 15 vergangen sind. Dies zeigt eine Übereinstim-

mung mit einer Verzögerungszeit einer reflektierten Welle = 30 Abtastzeiträume

an.

Ebenso konvergiert, wie aus den Fig. 3 und 4 zu ersehen, $|y_0|^2$ zu einem Referenz-Amplitudenwert von 1 bei etwa 1200 Schritten, und somit wird eine Vielwegverzerrung aus einer demodulierten Ausgangsgröße eliminiert.

5 Figur 6 ist ein Schaltungsdiagramm, welches ein Vielwegverzerrungs-

Beseitigungsfilter gemäß der modifizierten ersten Ausführungsform darstellt. Das Adaptivfilter 15 ist mit der Ausgangsseite des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11 verbunden. Wenn das Adaptivfilter 15 eine Anpassungsoperation durchführen soll, wird, wenn die Steuerschaltung 14 eine Übertragungsfunktion des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11 auf 1 festgelegt hat, ein dem

Eingangsanschluß 10 zugeführtes digitales Signal dem Adaptivfilter 15 intakt zugeführt. Somit können Charakteristiken einer reflektierten Welle aus einem Filterkoeffizienten zu einem Zeitpunkt berechnet werden, bei dem ein Fehler e_n im Adaptivfilter 15 auf einen Wert in einem vorbestimmten Bereich konvergiert, in gleicher Weise wie im Fall von Fig. 1.

20 Figur 7 ist ein Schaltungsdiagramm, bei dem einige Teile weggelassen wurden und welches ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung darstellt. Gleiche Bauteile wie in Fig. 1 sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

25 Bezugszeichen 40 bezeichnet eine Pegeldetektorschaltung, welche einen Pegel eines dem Eingangsanschluß 10 zugeführten digitalen Signals erfaßt und ein Pegelerfassungssignal an eine Filter-Aktualisierungseinheit 21A eines Adaptivfilters 15A einer Reflexionswellen-Erfassungseinheit 13A und an eine Filter-Aktualisierungseinheit 26A eines Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11A ausgibt. Wenn eine Anpassungsoperation des Adaptivfilters 15A beginnt, initialisiert die Filter-Aktualisierungseinheit 21A die Multiplikationsschaltung 17 auf den Verstärkungskoeffizienten $g = 1/s$, wobei s ein Pegel eines digitalen Eingangssignals zum Zeitpunkt des Beginns der Anpassungsoperation ist. Dies bringt den Verstärkungs-

5 koefizienten g auf einen adäquaten Wert, welcher einem Pegel des digitalen Eingangssignal entspricht. Somit kann eine Anpassungsoperation derart begonnen werden, daß eine Amplitude eines digitalen Signals, die dem Adaptivfilter 15A zuzuführen ist, zu 1 wird. Insbesondere kann, sogar wenn die Differenz zwischen einem Amplitudenwert einer direkten Welle und einem Referenz-Amplitudenwert von 1 groß ist, das Adaptivfilter 15A schnell in konvergenzen Zustand gebracht werden.

10 In ähnlicher Weise initialisiert die Filter-Aktualisierungseinheit 26A, wenn eine Anpassungsoperation des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11A begonnen wird, die Multiplikationsschaltung 23 auf den Verstärkungsbeizien $g = 1/s$, wobei s der digitale Eingangssignalpegel zum Zeitpunkt des Beginns der Anpassungsoperation ist. Somit kann eine Anpassungsoperation mit einem adäquaten Wert des Verstärkungsbeizien g entsprechend einem Pegel des digitalen Eingangssignals begonnen werden. Insbesondere wenn die Differenz zwischen einem Amplitudenwert einer direkten Welle und einem Referenz-Amplitudenwert von 1 groß ist, kann das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11A schnell in konvergenzen Zustand gebracht werden.

20 Ein spezifischer Schaltungsaußbau der Pegelerfassungsschaltung 40 kann beispielsweise wie dargestellt in Fig. 8 sein. Nachdem der Absolutwert eines momentanen Wertes eines digitalen Eingangssignals bei einer Absolutwert-Operatorschaltung 41 erhalten wird, werden ein maximaler Wert und ein minimaler Wert innerhalb einer bestimmten Zeitdauer bei einer Maximalwert-Erfassungsschaltung 42 bzw. einer Minimalwert-Erfassungsschaltung 43 erhalten. Dann wird ein Mittelwert der auf diese Weise erhaltenen Maximal- und Minimalwerte bei einer Mittelwert-Operatorschaltung 44 berechnet, um ein Pegelerfassungssignal auszugeben. Die Absolutwert-Operatorschaltung 41 kann auch wegelassen werden. In diesem Fall können ein maximaler Wert und ein minimaler Wert aus Momentanwerten in einem bestimmten Zeitraum lediglich für ein positiv-seitiges digitales Eingangssignal bei

der Maximalwert-Erfassungsschaltung und der Minimalwert-Erfassungsschaltung erhalten werden. Dann kann ein Mittelwert der auf diese Weise erhaltenen Maximal- und Minimalwerte von der Mittelwert-Operatorsschaltung berechnet werden. Alternativ können die Maximalwert-Erfassungsschaltung und die Minimalwert-Erfassungsschaltung ebenfalls weggelassen werden, und ein einfacher Mittelwert von Momentanwerten eines positiv-seitigen digitalen Eingangssignals innerhalb eines bestimmten Zeitraums kann berechnet werden.

Figur 9 ist ein Schaltungsdiagramm, bei dem einige Teile weggelassen wurden und welches ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung zeigt. Gleiche Bauteile wie in Fig. 1 sind mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Bezugszeichen 50 bezeichnet eine Wahlschaltung, welche den Eingangsanschluß 10 oder eine Ausgangsseite des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11 für eine Verbindung mit einem Eingang des Adaptivfilters 15 der Reflexionswellen-Erfassungseinheit 13 wählt. Eine Ausgangsseite des Adaptivfilters 15 ist mit dem Ausgangsanschluß 12 verbunden. Die Steuerschaltung 14B schaltet die Wahlschaltung 50 für deren Verbindung mit dem Eingangsanschluß 10, bevor eine Anpassungsoperation des Adaptivfilters 15 beginnt, wodurch ein digitales Eingangssignal in das Adaptivfilter 15 eintreten kann. Dann schaltet die Steuerschaltung 14B, wenn sie die Filtercharakteristiken für das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11 initialisiert und bewirkt, daß das Filter mit einer Anpassungsoperation beginnt, die Wahlschaltung 50 für deren Verbindung mit dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11.

Gemäß einem Beispiel von Fig. 9 ist, sogar nachdem das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11 mit einer Anpassungsoperation begonnen hat, das Adaptivfilter 15, welches bei einer nachfolgenden Stufe Kaskaden-verschaltet ist, geeignet, mit einer Anpassungsoperation fortzuführen. Somit kann eine Vielweg-

verzerrungskomponente von kürzerer Verzögerungszeitdauer, welche in einer Ausgangsgröße des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11 verbleibt, vom Adaptivfilter 15 eliminiert werden, bevor sie von diesem ausgegeben wird. Als Ergebnis verbessert sich die Charakteristik zum Unterdücken einer Vielwegverzerrungskomponente.

In diesem Zusammenhang kann, wie in Fig. 10 dargestellt, eine Wahlschaltung 51 auf der Ausgangsseite des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters und des Adaptivfilters 15 vorgesehen sein. Wenn die Wahlschaltung 50 für ihre Verbindung mit dem Eingangsanschluß 10 geschaltet ist, kann eine Steuerschaltung 14C die Wahlschaltung 51 für deren Verbindung mit dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11 schalten, ist es möglich, daß sie daran gekoppelt die Wahlschaltung 51 für deren Verbindung mit dem Adaptivfilter 15 schaltet.

Ebenso ist, wie in Fig. 11 gezeigt, das Adaptivfilter 15 mit der Ausgangsseite des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11 verbunden, und die Ausgangsseite des Adaptivfilters 15 ist mit dem Ausgangsanschluß 12 verbunden. Wenn das Adaptivfilter 15 eine Anpassungsoperation durchführen soll, wird, wenn die Steuerschaltung 14 eine Übertragungsfunktion des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11 auf 1 festlegt, ein dem Eingangsanschluß 10 zugeführtes digitales Signal dem Adaptivfilter 15 intakt zugeführt. Somit können Charakteristiken einer reflektierten Welle aus einem Filterkoeffizienten abgeschätzt werden, der erhalten wird, wenn das Adaptivfilter 15 für eine vorbestimmte Zeitdauer eine Anpassungsoperation durchführt. Nachdem das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11 mit einer Anpassungsoperation begonnen hat, kann eine Vielwegverzerrungs-komponente, die eine kurze Verzögerungszeit aufweist und in einer Ausgangsgröße des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11 verbleibt, vom Adaptivfilter 15 vor ihrer Ausgabe entfernt werden.

Wie in Fig. 12 dargestellt, kann eine Pegelerfassungsschaltung 52 wie in der zweiten Ausführungsform zum Erfassen eines Pegels eines digitalen Signals vorgesehen sein, das dem Adaptivfilter 15d der Reflexionswellen-Erfassungseinheit 13D zuzuführen ist. In dem Zustand, bei dem anfänglich die Wahlschaltung 50 für ihre Verbindung mit dem Eingangsanschluß 10 geschaltet ist, initialisiert, wenn ein Adaptivfilter 15d mit einer Anpassungsoperation beginnt, eine Filter-Aktualisierungseinheit 21D die Multiplikationsschaltung 17 auf einen Verstärkungskoeffizienten $g = 1/s$ basierend auf dem Pegel s eines von der Pegeldetektorsschaltung 52 zugeführten digitalen Signals. Ebenso initialisiert, wenn die Wahlschaltung 50 für ihre Verbindung mit dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11D geschaltet ist und ebenfalls, wenn das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11D mit einer Anpassungsoperation beginnt, die Filter-Aktualisierungseinheit 21D die Multiplikationsschaltung 17 auf den Verstärkungskoeffizienten $g = 1/s$ basierend auf dem Pegel s eines von der Pegelerfassungsschaltung 53 zugeführten digitalen Signals. Ebenso kann eine Pegelerfassungsschaltung 53 zum Erfassen eines Pegels des digitalen Signals vorgesehen sein, das dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11D zuzuführen ist. Wenn eine Anpassungsoperation des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11D begonnen wird, initialisiert eine Filter-Aktualisierungseinheit 26D die Multiplikationsschaltung 22 auf den Verstärkungskoeffizienten $g = 1/s$, basierend auf dem Pegel s des von der Pegelerfassungsschaltung 53 zugeführten digitalen Signals.

In Fig. 12 initialisiert, in dem Zustand, bei dem die Wahlschaltung 50 anfänglich für ihre Verbindung mit dem Eingangsanschluß 10 geschaltet ist, wenn das Adaptivfilter 15d mit einer Anpassungsoperation beginnt, die Filter-Aktualisierungseinheit 21D die Multiplikationsschaltung 17 auf einen Verstärkungskoeffizienten $g = 1/s$, basierend auf dem Pegel s eines von der Pegelerfassungsschaltung 53 zugeführten digitalen Signals. Ebenso führt, wenn die Wahlschaltung 50 für eine Verbindung mit dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11D geschaltet ist und

ebenfalls, wenn das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11D mit einer Anpassungsoperation beginnt, das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11D dem Adaptivfilter 15D ein Verstärkungs-angepasstes digitales Signal zu. Somit kann die Pegelersatzschaltung 52 weggelassen werden, indem die Multiplikationserschaltung 17 so angepaßt wird, daß sie lediglich auf dem Verstärkungskoeffizienten $g = 1$ initialisiert wird, nicht auf $g = 1/s$.

Figur 13 ist ein Schaltungsdiagramm, welches ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung zeigt. Ein digitales Filter 23E eines Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11E umfaßt in dieser vierten Ausführungsform IIR-Filter ersten Grades, welche in zwei Stufen Kaskaden-verschaltet sind. Dies erlaubt, daß zwei Mal eine Initialisierung durchgeführt wird, und zwar für die erste Stufe und für die zweite Stufe separat. Somit kann eine Vielwegverzerrungskomponente sogar im Fall einer Mehrzahl von reflektierten Wellen beseitigt werden. Eine Ausgangsgröße vom Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter wird dem Adaptivfilter 15 zugeführt.

Anfanglich legt eine Steuerschaltung 14E den Verstärkungskoeffizienten g der Multiplikationserschaltung 22 für eine Pegelanspassung des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11E auf 1, und einen Multiplikationskoeffizienten r_1 eines Multiplikationselements des IIR-Filters ersten Grades auf der ersten Stufe und einen Multiplikationskoeffizienten r_2 eines Multiplikationselements des IIR-Filters ersten Grades auf der zweiten Stufe auf 0 fest. Die Steuerschaltung 14E betreibt das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11E, und dabei ist dessen Übertragungsfunktion auf 1 festgelegt. Ebenso initialisiert die Steuerschaltung 14E die Multiplikationsschaltung 17 für eine Pegelanspassung des Adaptivfilters 15 auf einen Verstärkungskoeffizienten $g = 1$ und beim digitalen Filter 18 auf den Filterkoeffizienten $C = [c_0 = 1, c_1 = 0, c_2 = 0, \dots, c_N = 0]$. Weiter initialisiert sie die Filter-Aktualisierungseinheit 21 auf den gleichen Filterkoeffizientenwert. Dann bewirkt sie, daß das Adaptivfilter 15 mit einer Anpassungsoperation beginnt. Nach dem

Verstreichen einer vorbestimmten Zeit wählt die Reflexionswellen-Berechnungseinheit 16 einen Filterkoeffizienten, der einen maximalen Absolutwert außer c_0 besitzt aus den Filterkoeffizienten des digitalen Filters 18 aus, um einen Reflexionskoeffizienten r und eine Verzögerungszeit t abzuschätzen. Indem der Steuerschaltung 14E die abgeschätzten Werte zugeführt werden, initialisiert sie das Verzögerungselement und das Multiplikationselement des IIR-Filters ersten Grades auf der ersten Stufe des digitalen Filters 23E auf $r_1 = r$ und $t_1 = t$ als anfängliche Filtercharakteristiken der ersten Stufe, und initialisiert auch eine Filter-Aktualisierungseinheit 26E auf die anfänglichen Filtercharakteristiken der ersten Stufe. Dann bewirkt die Steuerschaltung 14E, daß die Multiplikationsschaltung 22 des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11E in Aktion tritt und das IIR-Filter ersten Grades auf der ersten Stufe des digitalen Filters 23E mit einer Anpassungsoperation beginnt.

15 Anschließend initialisiert die Steuerschaltung 14E erneut die Multiplikationsschaltung 17 für eine Pegelanpassung des Adaptivfilters 15 auf einen Verstärkungskoeffizienten $g = 1$ und des digitalen Filters 18 auf den Filterkoeffizienten $C = [c_0 = 1, c_1 = 0, c_2 = 0, c_3 = 0, \dots, c_n = 0]$. Ebenso initialisiert sie die Filter-Aktualisierungseinheit 21 auf den gleichen Filterkoeffizientenwert, und bewirkt dann, daß das Adaptivfilter 15 eine Anpassungsoperation durchführt. Da die reflektierte Welle, welche den größten Reflexionskoeffizienten aufweist, beim Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11E eliminiert wird, führt das Adaptivfilter 15 eine Anpassungsoperation aus, so daß weitere reflektierte Wellen eliminiert werden. Nach dem Verstreichen einer vorbestimmten Zeit wählt die Reflexionswellen-Abschätzungseinheit 16 einen Filterkoeffizienten mit maximalem Absolutwert außer c_0 aus den Filterkoeffizienten des digitalen Filters 18 aus, um einen Reflexionskoeffizienten r und eine Verzögerungszeit t abzuschätzen. Indem der Steuerschaltung 14E die abgeschätzten Werte zugeführt werden, initialisiert sie das Verzögerungselement und das Multiplikationselement des IIR-Filters ersten Grades bei der zweiten Stufe des digitalen Filters 23E auf $r_2 = r$ und $t_2 = t$ als anfängliche

5 Filtercharakteristiken der zweiten Stufe und initialisiert auch die Filter-Aktualisierungseinheit 26E auf die Anfangs-Filtercharakteristiken der zweiten Stufe. Dann bewirkt die Steuerschaltung 14E, daß das IIR-Filter ersten Grades bei der zweiten Stufe des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11E mit einer Anpassungsoperation beginnt.

10 Als Ergebnis ist es möglich, die Reflexionswellenkomponente, welche den größten Reflexionskoeffizienten aufweist, beim IIR-Filter ersten Grades bei der ersten Stufe des digitalen Filters 23B zu beseitigen und eine Reflexionswellenkomponente, welche den zweitgrößten Reflexionskoeffizienten aufweist, beim IIR-Filter ersten Grades bei der zweiten Stufe zu eliminieren.

15 Nachfolgend werden Aktualisierungsausdrücke für Filtercharakteristiken beschrieben, die bei der Filter-Aktualisierungseinheit 26E auszuführen sind.

Betrachtet man die erste und zweite Stufe des digitalen Filters 23B als FIR-Filter mit einem Filterkoeffizienten $C_1 = [c_{10}, c_{11}, c_{12}, \dots, c_{1L}]$ und als ein FIR-Filter mit einem Filterkoeffizienten $C_2 = [c_{20}, c_{21}, c_{22}, \dots, c_{2L}]$, und das gesamte digitale Filter 23B als FIR-Filter mit dem Filterkoeffizienten $C = [c_0, c_1, c_2, \dots, c_L]$, kann C durch eine Faltung von C_1 und C_2 wie untenstehend dargestellt werden, da C die Impulsantwort des digitalen Filters 23B ist.

$$C = C_1 + C_2$$

$$C_k = \sum_{i=0}^L c_{1i} c_{2(k-i)} \quad (7)$$

wobei "*" die Berechnung einer Faltung angibt.

Aus dem oben erwähnten Initialisierungsverfahren ist $|r_1| > |r_2|$ und der Filterkoeffizient c_{1k} der ersten Stufe insgesamt größer als der Filterkoeffizient c_{2k} der

zweiten Stufe. Daher können die Kombinationssterme im Ausdruck (7) weggelassen werden, um eine Näherung mit $C = C_1 + C_2$ vorzunehmen.

Wie in der ersten Ausführungsform können Aktualisierungsausdrücke für Filtercharakteristiken dargestellt werden durch

$$g \rightarrow g - \beta_1 (\partial F / \partial g)$$

$$= g - 4 \beta_1 \epsilon_n (|y_n|^2 / g)$$

$$= g - 4 \beta_1 \epsilon_n |y_n|^2$$

$$r_1 \rightarrow r_1 - \beta_2 (\partial F / \partial r_1)$$

$$= r_1 - 4 \beta_2 \epsilon_n y_n (g X^T \partial C_1 / \partial r_1)^*$$

$$l_1 \rightarrow l_1 - \beta_3 (\partial F / \partial l_1)$$

$$= l_1 - 2 \beta_3 \epsilon_n R^* \{ y_n^* (g C_1^T (\partial X / \partial l_1)) \}$$

$$r_2 \rightarrow r_2 - \beta_4 (\partial F / \partial r_2)$$

$$= r_2 - 4 \beta_4 \epsilon_n y_n (g X^T \partial C_2 / \partial r_2)^*$$

$$l_2 \rightarrow l_2 - \beta_5 (\partial F / \partial l_2)$$

$$= l_2 - 2 \beta_5 \epsilon_n R^* \{ y_n^* (g C_2^T (\partial X / \partial l_2)) \}$$

wobei β_1 - β_5 Konvergenzparameter sind.

$\partial C_1 / \partial r_1$ in Ausdruck (9) ist dargestellt durch:

$$\partial C_{1k} / \partial r_1 = -p (-r_1)^{p-1}$$

$$\partial C_{1k} / \partial r_1 = 0 \quad k \neq p$$

$\partial C_2 / \partial r_2$ in Ausdruck (11) ist dargestellt durch:

$$\partial C_{2k} / \partial r_2 = -p (-r_2)^{p-1}$$

$$\partial C_{2k} / \partial r_2 = 0 \quad k \neq p$$

Nimmt man eine Verzögerungseinheit eines Verzögerungselements in einem FIR-Filter als u an, ist $P = [v/u]$ (v ist eine Variable, welche eine Ganzzahl > 0 annimmt), eine maximale Ganzzahl, die v/u nicht überschreitet.

$\partial x_i / \partial t_1$ in Ausdruck (10) und $\partial x_i / \partial t_2$ in Ausdruck (12) sind dargestellt durch

$$\begin{aligned}\frac{\partial x_i}{\partial t_1} &= (k/2t_2) (x_{i+1} - x_{i-1}) \\ \frac{\partial x_i}{\partial t_2} &= (k/2t_2) (x_{i+1} - x_{i-1})\end{aligned}$$

Während einer Anpassungsoperation durch das IIR-Filter ersten Grades der ersten Stufe aktualisiert die Filter-Aktualisierungseinheit 26E den Verstärkungskoeffizienten g der Multiplikationsschaltung 22 gemäß Ausdruck (8) oder (8)', aktualisiert den Multiplikationskoeffizienten r_1 eines Verzögerungselements des IIR-Filters ersten Grades bei der ersten Stufe gemäß den Ausdrücken (9) bzw. (10) und hält den Multiplikationskoeffizienten r_2 eines Multiplikationselements des IIR-Filters ersten Grades bei der zweiten Stufe auf 0. Ebenso aktualisiert die Filter-Aktualisierungseinheit 26E während einer Anpassungsoperation durch die IIR-Filter ersten Grades bei der ersten und zweiten Stufe, den Verstärkungskoeffizienten g der Multiplikationsschaltung 22 gemäß Ausdruck (8) oder (8)', aktualisiert den Multiplikationskoeffizienten r_1 eines Multiplikationselements und der Verzögerungseinheit t_1 eines Verzögerungselements des IIR-Filters ersten Grades bei der ersten Stufe gemäß den Ausdrücken (9) bzw. (10), und aktualisiert den Multiplikationskoeffizienten r_2 eines Multiplikationselements und die Verzögerungseinheit t_2 des Verzögerungselements des IIR-Filters ersten Grades bei der zweiten Stufe gemäß den Ausdrücken (11) bzw. (12).

Figur 14 ist ein Schaltungsdiagramm, welches eine modifizierte vierte Ausführung

Form zeigt.

In dieser modifizierten Ausführungsform ist eine Pegelerfassungsschaltung 54 vorgesehen, welche einen Pegel eines digitalen Signals erfäßt, das einem Adaptivfilter 15F einer Reflexionswellen-Erfassungseinheit 13F zuzuführen ist, und ebenso ist eine Pegelerfassungsschaltung 55 vorgesehen, welche den Pegel eines digitalen Signals erfäßt, das einem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11F zuzuführen ist. Der Ausgang des Adaptivfilters 15F ist mit dem Ausgangsanschluß 12 verbunden.

Nachdem eine Steuerschaltung 14F ein IIR-Filter ersten Grades bei der zweiten Stufe des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters 11F initialisiert hat und bewirkt hat, daß eine Anpassungsoperation, einschließlich der der zweiten Stufe, beginnt, initialisiert sie erneut das digitale Filter 18 des Adaptivfilters 15F und der Filter-Aktualisierungseinheit 21F auf den Filterkoeffizienten $C = [c_0 = 1, c_2 = 0, c_3 = 0, \dots, c_N = 0]$ und bewirkt ein Fortsetzen der Anpassungsoperation. Somit wird eine verbleibende Reflexionswellenkomponente, welche das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11F nicht entfernen konnte, vom Adaptivfilter 15F eliminiert.

Die Filter-Aktualisierungseinheit 21F initialisiert die Multiplikationsschaltung 17 auf den Verstärkungskoeffizienten $g = 1/s$, basierend auf dem Pegel s eines von der Pegelerfassungsschaltung 54 zugeführten digitalen Signals, und aktualisiert dann Filtercharakteristiken zu jedem Zeitpunkt, bei dem das Adaptivfilter 15F mit einer Anpassungsoperation zur Erfassung von Reflexionswellen-Charakteristiken des ersten Zeitpunkts beginnt, bei dem das Adaptivfilter 15F eine Anpassungsoperation zur Erfassung der Reflexionswellen-Charakteristiken des zweiten Zeitpunkts beginnt, und bei dem das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11F eine Anpassungsoperation beim IIR-Filter ersten Grades bei der zweiten Stufe beginnt.

In ähnlicher Weise initialisiert die Filter-Aktualisierungseinheit 26F, wenn das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11F mit einer Anpassungsoperation beim IIR-Filter ersten Grades bei der ersten Stufe beginnt, die Multiplikations-schaltung 22 auf einen Verstärkungskoeffizienten $g = 1/s$, basierend auf dem Pegel s eines digitalen Signals, welches zu diesem Zeitpunkt von der Pegelerfassungsschaltung 55 zugeführt wird, und aktualisiert dann die Filtercharakteristiken.

Gemäß einem Beispiel von Fig. 14 wird, sogar wenn drei oder mehr reflektierte Wellen beteiligt sind, eine schnelle Konvergenz hergestellt, und eine Vielwegverzerrung kann mit Sicherheit eliminiert werden.

Figur 15 zeigt, wie sich $|y_n|^2$ am Ausgangsanschluß 12 des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters von Fig. 2, welches die Konstruktion von Fig. 14 aufweist, ändert, wenn eine FM-modulierte Welle eines 1 kHz-Sinuswellen-Monosignals zusammen mit vier reflektierten Wellen empfangen wird. Ebenso zeigt Fig. 6 (richtig: Fig. 16), wie sich eine vom digitalen Demodulator 34 demodulierte Ausgangsgröße ändert.

Dabei wurden folgende Konditionen hergestellt:

Abtastfrequenz des A/D-Wandlers 32 = 912 kHz; Reflexionskoeffizient r einer ersten reflektierten Welle = 0,32; Verzögerungszeit = 8 Abtastzeiträume; Reflexionskoeffizient r einer zweiten reflektierten Welle = 0,25; Verzögerungszeit = 12 Abtastzeiträume; Reflexionskoeffizient r einer dritten reflektierten Welle = 0,20; Verzögerungszeit = 15 Abtastzeiträume; Reflexionskoeffizient r einer vierten reflektierten Welle = 0,16; Verzögerungszeit = 19 Abtastzeiträume; und die Amplitude einer direkten Welle beträgt +10 dB bezüglich einem Referenz-Amplitudewert. Die Reflexionswellen-Berechnungseinheit 21F schätzt Charakteristiken einer reflektierten Welle basierend auf einem Filterkoeffizienten des Adaptivfilters 15F zu einem Zeitpunkt ab, bei dem 600 Schritte nach Beginn der Anpassungsoperation des Adaptivfilters 15F verstrichen sind. Basierend auf den abge-

31.05.01

schätzen Werten initialisiert die Steuerschaltung 14F das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11.

Wie aus den Fig. 15 und 16 zu ersehen, wird eine Vielwegverzerrung nicht vollständig eliminiert, jedoch wird die Vielwegverzerrung ungefähr bei und nach Schritt 2500 korrigiert.

In den Beispielen der Fig. 13 und 14 kann, wenn das digitale Filter des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters IIR-Filter ersten Grades in drei oder mehr Stufen aufweist, und wenn die Initialisierung für die Stufen sequentiell erfolgt, ein Fall bewältigt werden, bei dem viele reflektierte Wellen beteiligt sind.

Ebenso kann, wenn Aktualisierungsausdrücke für Filtercharakteristiken verwendet werden, ohne daß die Kombinations Terme in Ausdruck (7) weggelassen werden, die Konvergenz-Charakteristik verbessert werden.

Weiter initialisiert, im Beispiel von Fig. 14, wenn das Adaptivfilter 15F eine Anpassungsoperation zur Erfassung von Reflexionswellen-Charakteristiken des ersten Zeitpunktes beginnt, die Filter-Aktualisierungseinheit 21F die Multiplikationsschaltung 17 auf den Verstärkungskoeffizienten $g = 1/5$, basierend auf dem Pegel des vom Pegeldetektor 55 zugeführten digitalen Signals. Zu jedem Zeitpunkt, bei dem das Adaptivfilter 15F eine Anpassungsoperation zur Erfassung von Reflexionswellen-Charakteristiken des zweiten Zeitpunktes beginnt und bei dem das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11F eine Anpassungsoperation beim IIR-Filter ersten Grades bei der zweiten Stufe beginnt, kann, da ein vom Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter 11F kommendes Verstärkungs-angepaßtes digitales Signal dem Adaptivfilter 15F zugeführt wird, der Pegeldetektor 54 weg-gelassen werden, dadurch daß die Multiplikationsschaltung 17 so angepaßt wird, daß sie lediglich auf den Verstärkungskoeffizienten $g = 1$, nicht auf $g = 1/5$ initialisiert wird.

In den oben erwähnten Ausführungsformen und modifizierten Ausführungsformen wird der Referenz-Amplitudenwert zu 1 gewählt. Jedoch kann dies auch ein anderer Wert als 1 sein, wenn es sich um einen festen Wert handelt. Wenn man den Referenz-Amplitudenwert zu einem Wert w wählt, der nicht den Wert 1 hat, kann eine Multiplikationsschaltung für eine Pegelanpassung auf den Verstärkungskoeffizienten $g = s/w$ initialisiert werden, basierend auf dem erfaßten Pegel s eines digitalen Signals.

10 Ebenso wird ein Verstärker für eine Pegelanpassung an der Eingangsseite eines digitalen Filters eingefügt. Jedoch kann, wie beschrieben in der Literaturstelle 3, der Verstärker vor oder nach einer Operatorschaltung, welche $|y_a|^2$ berechnet, eingefügt werden.

15 Weiter kann folgendes praktische Verfahren Anwendung finden. Nachdem bewirkt wurde, daß ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter mit einer Anpassungsoperation beginnt, überwacht eine Steuerschaltung die Größe von $|y_a|^2$ und e_n beim Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter (oder Adaptivfilter). Wenn die Größe einen vorbestimmten Wert überschreitet, veranlaßt die Steuerschaltung eine Reflexionswellen-Erfassungseinheit, die Reflexionswellen-Charakteristiken zu diesem Zeitpunkt zu erfassen. Basierend auf dem Ergebnis der Erfassung führt die Steuerschaltung eine Neu-Initialisierung des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters durch und bewirkt, daß sie erneut eine Anpassungsoperation ausführt.

Ebenso ist der Anwendungsgegenstand der Erfindung nicht auf FM-modulierte Wellen beschränkt, sondern die Erfindung läßt sich in ähnlicher Weise auf andere Modulationssysteme anwenden, die eine feststehende Amplitude als Merkmal haben, etwa phasenmodulierte Wellen oder dergleichen.

Vorteile der Erfindung

- Gemäß einem Aspekt der Erfindung werden Charakteristiken einer reflektierten Welle aus einem digitalen Eingangssignal oder einem digitalen Ausgangssignal eines Vielwegverzerrungs-Adaptivfilters 5 erfaßt. Ein digitales Filter des Vielwegverzerrungs-Adaptivfilters wird auf Anfangs-Filtercharakteristiken initialisiert, entsprechend den erfaßten Charakteristiken einer reflektierten Welle vor Beginn einer Anpassungsoperation des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters. Somit ist es möglich, daß das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter mit einer Filterarithmetik in einem geeigneten Anfangszustand be- 10 ginnt, der für die Charakteristiken einer reflektierten Welle geeignet ist. Ebenso wird eine Amplitude einer digitalen Signalausgangsgröße schnell und sicher in einen vorbestimmten Wert umgewandelt, wodurch eine Erfassungsausgangsgröße mit eliminierten Vielwegverzerrungskomponente erhalten wird.
- 15
- Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein digitales Eingangssignal oder ein digitales Ausgangssignal vom Vielwegverzerrungs-Adaptivfilter einem Adaptivfilter zugeführt, um die Charakteristiken einer reflektierten Welle aus Filtercharakteristiken eines digitalen Filters des Adaptivfilters zu einem Zeitpunkt 20 abzuschätzen, bei dem ein Fehler zwischen einer Ausgangsamplitude des Adaptivfilters und einem Referenz-Amplitudenwert in einem gewissen Maße gering wird. Da das für die Abschätzung der Charakteristiken einer reflektierten Welle verwendete Adaptivfilter nicht zur Beseitigung einer Vielwegverzerrung dient, sondern Charakteristiken einer reflektierten Welle abschätzen soll, ist es für eine kleinere 25 Schaltungsgröße geeignet und kann in einfacher Konstruktion realisiert werden.
- Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Pegel eines dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter zuzuführenden digitalen Signals erfaßt, und eine Pegelanpassungseinstellung des Vielwegverzerrungs-Adaptivfilters ist auf eine Pegelanpassungsgröße, die zum Pegel des digitalen Signals um- 30

- 30 Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung weist das digitale Filter des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters ein IIR-Filter ersten Grades in einer
- 25 Entfernung dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter nicht gelang, durch das Adaptivfilter der Reflexionswellen-Erfassungseinrichtung eliminiert werden.
- 20 Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung ist das Adaptivfilter der Reflexionswellen-Erfassungseinrichtung mit dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter bei einer diesem nachfolgenden Stufe Kaskaden-verschaltet, nachdem eine Anpassungsoperation des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters begonnen hat. Somit kann eine verbleibende Reflexionswellenkomponente, deren
- 15 kann demgemäß vor dem Beginn einer Anpassungsoperation initialisiert werden. Zeitdauer erfaßt werden, und das Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter
- 10 Gemäß noch einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Pegel eines der Reflexionswellen-Erfassungseinrichtung zuzuführenden digitalen Signals erfaßt, und eine Pegelanpassungseinrichtung eines Adaptivfilters der Reflexionswellen-Erfassungseinrichtung wird auf eine Pegelanpassungsgröße initialisiert, die zum Pegel eines digitalen Signals umgekehrt proportional ist, wenn eine Anpassungsoperation des Adaptivfilters der Reflexionswellen-Erfassungseinrichtung begonnen werden soll. Somit kann eine Anpassungsoperation des Adaptivfilters bei einer geeigneten Anfangs-Pegelanpassungsgröße begonnen werden. Auch können, selbst wenn die Differenz zwischen einer Amplitude einer direkten Welle und einer Referenzamplitude groß ist, Charakteristiken einer abgelenkten Welle in einer kurzen
- 5 genz in einem kurzen Zeitraum erzielt werden, sogar wenn die Differenz zwischen neuen Anfangs-Pegelerfassungungsgröße begonnen werden. Ebenso kann eine Konvergenz in einem kurzen Zeitraum erzielt werden, sogar wenn die Differenz zwischen einer Amplitude einer direkten Welle und einer Referenzamplitude groß ist.

einigen Stufe oder ein IIR-Filter ersten Grades auf, welche in mehr als einer Stufe Kaskaden-verschaltet sind. Somit kann die Schaltungsgröße stark vermindert werden.

5 Kurzbeschreibung der Zeichnungen

- Fig. 1 ist ein Schaltungsdiagramm, welches ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung darstellt.
- Fig. 2 ist ein Schaltungsdiagramm, welches eine FM-Abschirmvorrichtung darstellt, die mit einem Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter ausgerüstet ist.
- Fig. 3 ist ein Graph, welcher das Versuchsergebnis des Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilters von Fig. 1 darstellt.
- Fig. 4 ist ein Graph, welcher das Versuchsergebnis des Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilters von Fig. 1 darstellt.
- Fig. 5 ist ein Graph, welcher das Versuchsergebnis des Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilters von Fig. 1 darstellt.
- Fig. 6 ist ein Schaltungsdiagramm, welches eine modifizierte erste Ausführungsform darstellt.
- Fig. 7 ist ein Schaltungsdiagramm, welches ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung darstellt.
- Fig. 8 ist ein Schaltungsdiagramm, welches speziell eine Pegelerfassungseinheit darstellt.
- Fig. 9 ist ein Schaltungsdiagramm, welches ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung darstellt.
- Fig. 10 ist ein Schaltungsdiagramm, welches eine modifizierte dritte Ausführungsform darstellt.

30

25

20

15

10

Fig. 11 ist ein Schaltungsdiagramm, welches eine modifizierte dritte Ausführungsform darstellt.

Fig. 12 ist ein Schaltungsdiagramm, welches eine weitere modifizierte Ausführungsform darstellt.

Fig. 13 ist ein Schaltungsdiagramm, welches ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung darstellt.

Fig. 14 ist ein Schaltungsdiagramm, welches eine modifizierte vierte Ausführungsform darstellt.

Fig. 15 ist ein Graph, welcher das Versuchsergebnis des Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilters von Fig. 14 darstellt.

Fig. 16 ist ein Graph, welcher das Versuchsergebnis des Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilters von Fig. 14 darstellt.

Fig. 17 ist ein Schaltungsdiagramm, welches ein herkömmliches Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter darstellt.

Fig. 18 ist ein Schaltungsdiagramm, welches ein weiteres herkömmliches Vielwegverzerrungs-Beseitigungsfilter darstellt.

Der Gegenstand der Erfindung ist in den anliegenden Ansprüchen offenbart.

PATENTANSPRÜCHE

1. Filter zur Entfernung von Vielwegverzerrungen, welches eine Vielweg-Verzerrungskomponente aus einem FM-modulierten oder phasenmodulierten digitalen Eingangssignal entfernt, das diese Vielweg-Verzerrungskomponente enthält, wobei das Filter zur Entfernung von Vielwegverzerrungen ein Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter (11) besitzt, welches aufweist: ein erstes digitales Filter (23) mit variablen Filtercharakteristiken, erste Fehlererfassungseinrichtungen (24, 25), welche einen Fehler zwischen einer Amplitude des vom ersten digitalen Filter ausgegebenen digitalen Signals und einer Referenzamplitude erfassen, und eine Aktualisierungseinrichtung (26), welche die Filtercharakteristiken des ersten digitalen Filters aktualisiert, so daß der erfaßte Fehler minimiert wird.

gekennzeichnet durch

eine erste Pegelerfassungseinrichtung (22), die in dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter enthalten ist und einen Amplitudenpegel des digitalen Eingangssignals reagierend auf den erfaßten Fehler anpaßt;

ein Reflexionswellencharakteristik-Erfassungs-Adaptivfilter (15), welches aufweist: ein zweites digitales Filter (18) mit variablen Filtercharakteristiken, welches das digitale Eingangssignal oder das digitale Ausgangssignal des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters einem arithmetischen Filterprozeß unterzieht, zweite Fehlererfassungseinrichtungen (19, 20), welche einen Fehler zwischen einer Amplitude des vom zweiten digitalen Filter

- ausgegebenen digitalen Signals und einer Referenzamplitude ertafte, eine zweite Pegelanpassungseinrichtung (17), welche einen Amplitudenpegel eines dem zweiten digitalen Filter zuzuführenden digitalen Signals anpaßt, und eine Aktualisierungseinrichtung (21), welche Filtercharakteristiken des zweiten digitalen Filters und die Größe der Pegelanpassung der zweiten Pegelanpassungseinrichtung aktualisiert, um den durch die zweite Fehlerfassungseinrichtung ertafte Fehler zu minimieren;
- eine Reflexionswellencharakteristik-Beurteilungseinrichtung (16), welche den Reflexionskoeffizienten und die Verzögerungszeit jeder Reflexionswelle der Vielweg-Verzerrungskomponente auf Basis der Filtercharakteristiken des zweiten digitalen Filters im Reflexionswellencharakteristik-Erfassung-Adaptivfilter zu einem Zeitpunkt ertafte, bei dem der durch die zweite Fehlerfassungseinrichtung ertafte Fehler unter einen vorbestimmten Wert fällt, nachdem eine Anpassungsoperation des Reflexionswellencharakteristik-Erfassung-Adaptivfilters eingeleitet wurde; und
- eine Steuereinrichtung (14), welche die Filtercharakteristiken des ersten digitalen Filters im Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter auf Basis des Reflexionskoeffizienten und der Verzögerungszeit, die von der Reflexionswellencharakteristik-Beurteilungseinrichtung beurteilt wurden, initialisiert, um eine Anpassungsoperation des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters einzuleiten.
- Filter zur Entfernung von Vielwegverzerrungen nach Anspruch 1, welches weiter aufweist:
- eine Pegelerfassungseinrichtung (40), welche einen Pegel des dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter zuzuführenden digitalen Signals ertafte; und

- 5 eine Pegelanpassungsgrößen-Initialisierungseinrichtung, welche, wenn eine Anpassungsoperation des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters einzuleiten ist, die erste Pegelanpassungseinrichtung im Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter auf eine Pegelanpassungsgröße initialisiert, die zu einem von der Pegelerfassungseinrichtung erfaßten Pegel des digitalen Signals umgekehrt proportional ist.
- 10 3. Filter zur Entfernung von Vielwegverzerrungen nach Anspruch 1, welches weiter aufweist:
- 15 eine Pegelanpassungsgrößen-Initialisierungseinrichtung, welche, wenn eine Anpassungsoperation des Reflexionswellencharakteristik-Erfassungs-Adaptivfilter einzuleiten ist, die zweite Pegelanpassungseinrichtung im Reflexionswellencharakteristik-Erfassungs-Adaptivfilter initialisiert, und zwar auf eine Pegelanpassungsgröße, die zu einem von der Pegelerfassungseinrichtung erfaßten Pegel des digitalen Signals umgekehrt proportional ist.
- 20 4. Filter zur Entfernung von Vielwegverzerrungen nach Anspruch 1 oder 3, welches weiter aufweist:
- 25 eine Verbindungswahlrichtung, welche das Reflexionswellencharakteristik-Erfassungs-Adaptivfilter mit dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter in einer an dieses folgenden Stufe Kaskaden-verschaltet, nach dem die Anpassungsoperation des Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilters eingeleitet wurde.
- 30

21.05.01

- 5. Filter zur Entfernung von Vielwegverzerrungen nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4,
wobei das erste digitale Filter in dem Vielwegverzerrungs-Beseitigungs-Adaptivfilter ein IIR-Filter ersten Grades in einer einzigen Stufe oder IIR-Filter ersten Grades aufweist, die in mehr als einer Stufe Kaskaden-verschaltet sind.

10

5

31.05.01

"Filter r zur Entfernung v n Vielw gverzerrungen"

695 20 524.2-08 0 685 937

Kabushiki Kaisha Kenwood

95 108 475.5

1/15

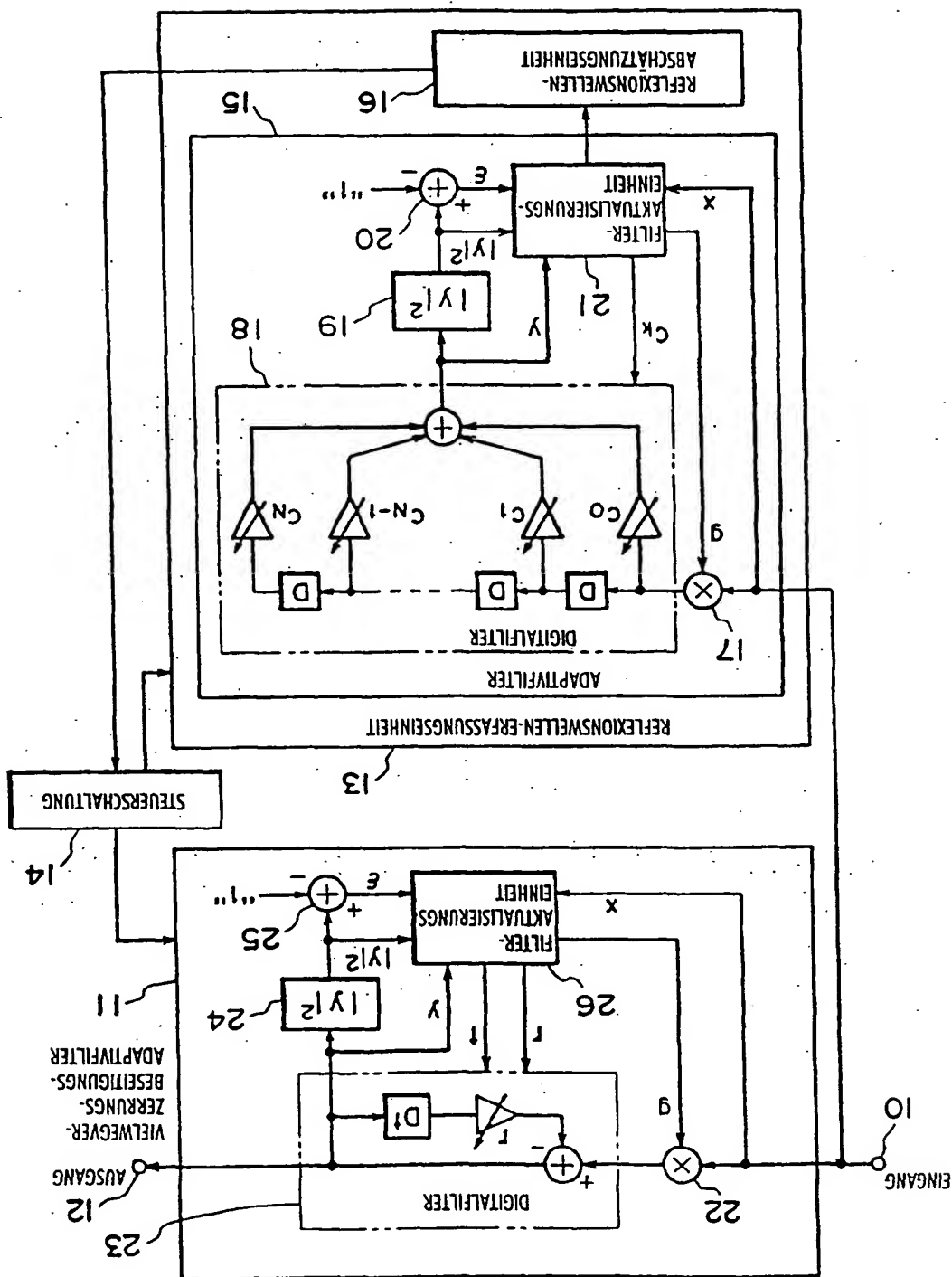


FIG. 1

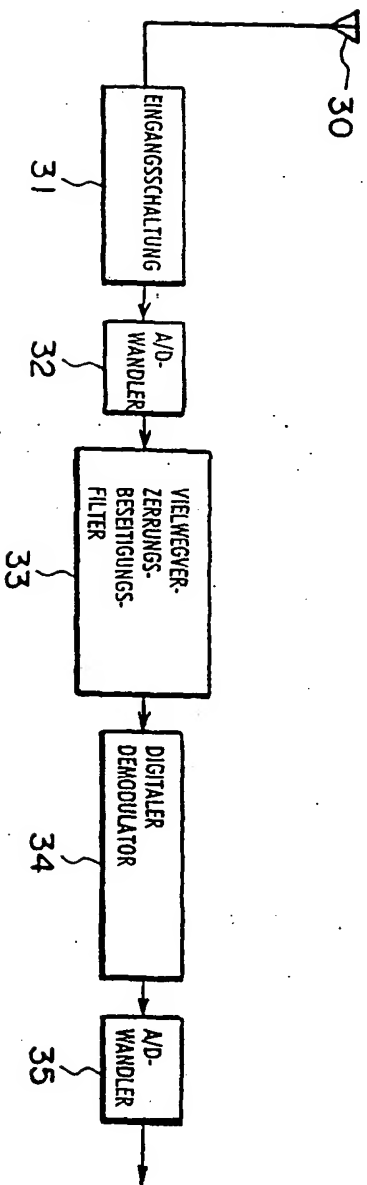


FIG. 2

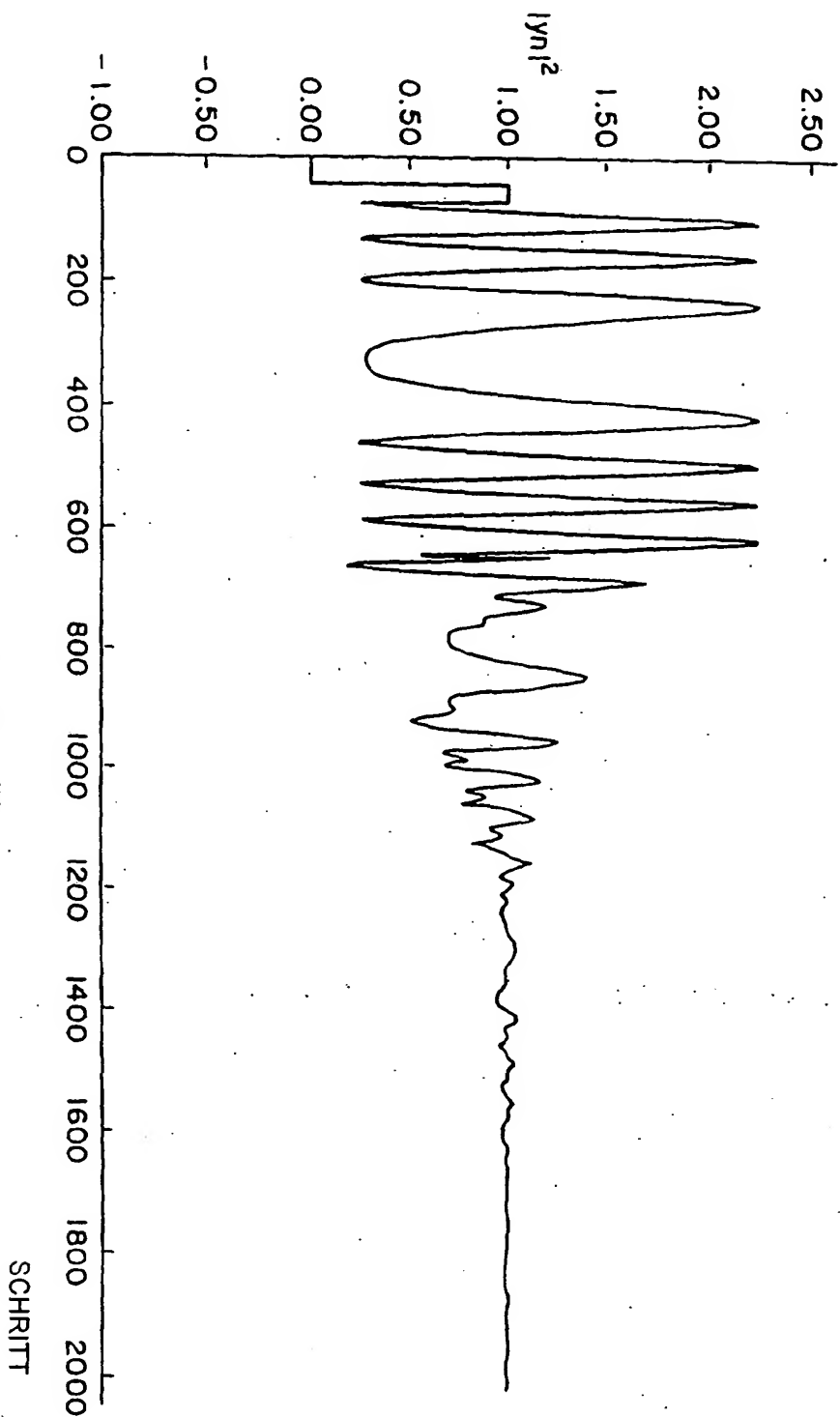


FIG. 3

SCHRITT

$3/15$

10.50.12

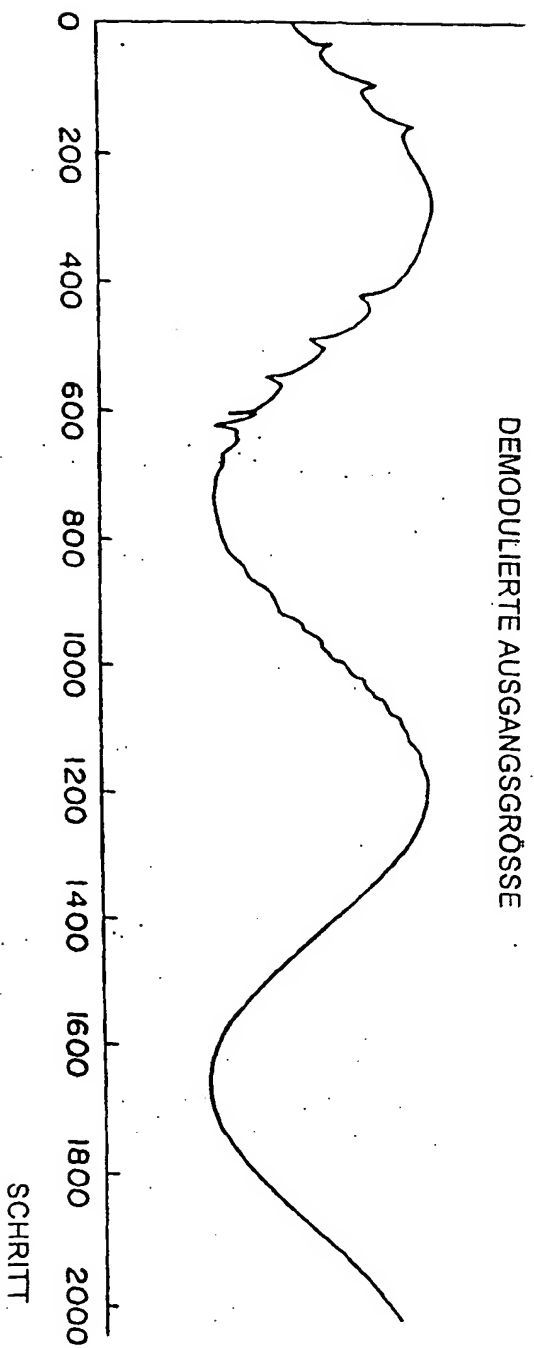
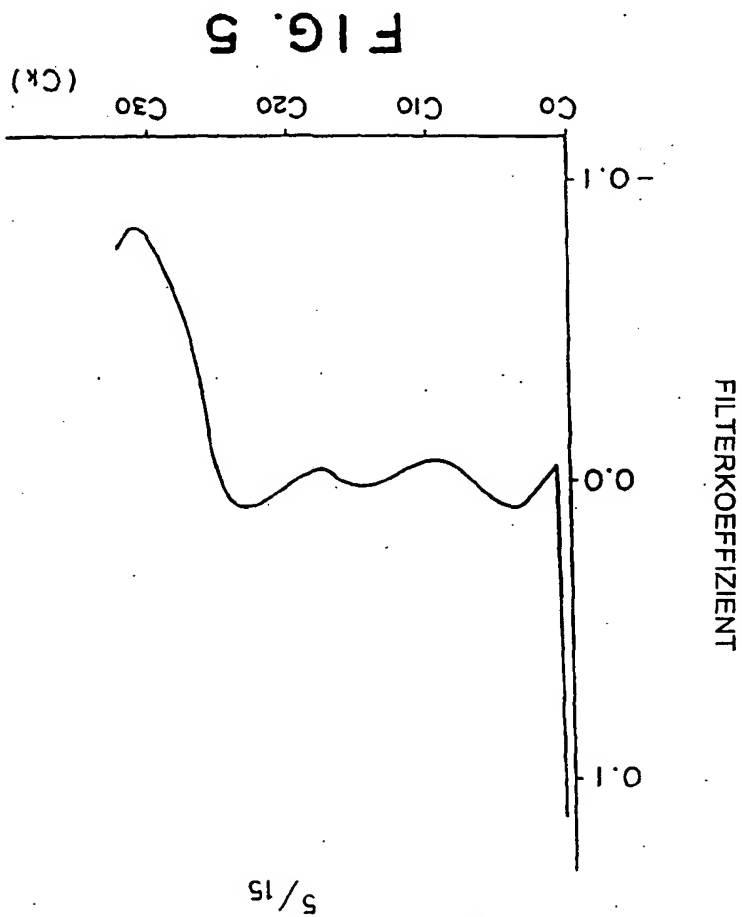
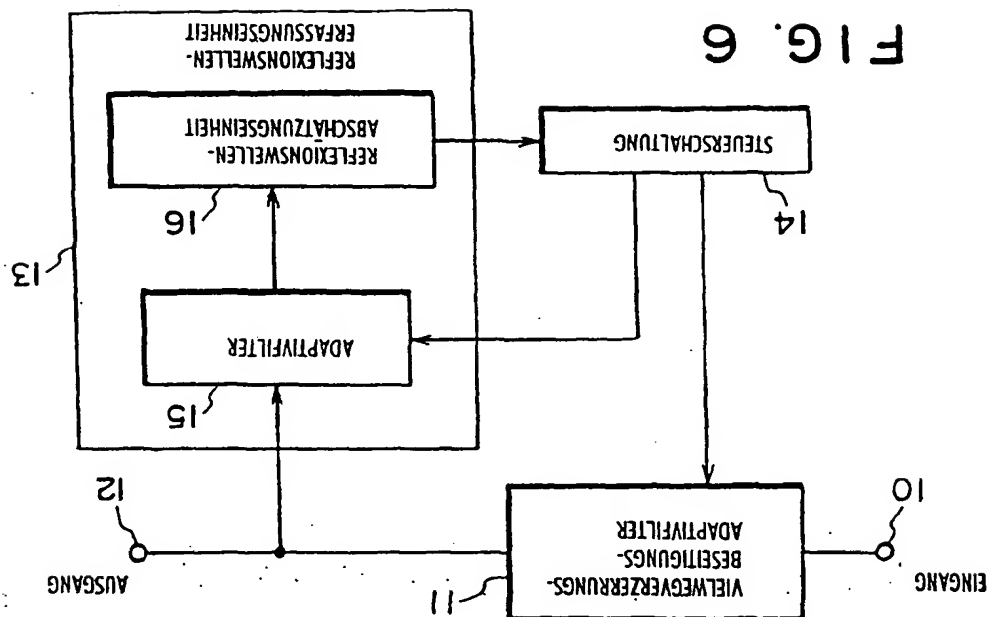


FIG. 4

4/15

31.05.01



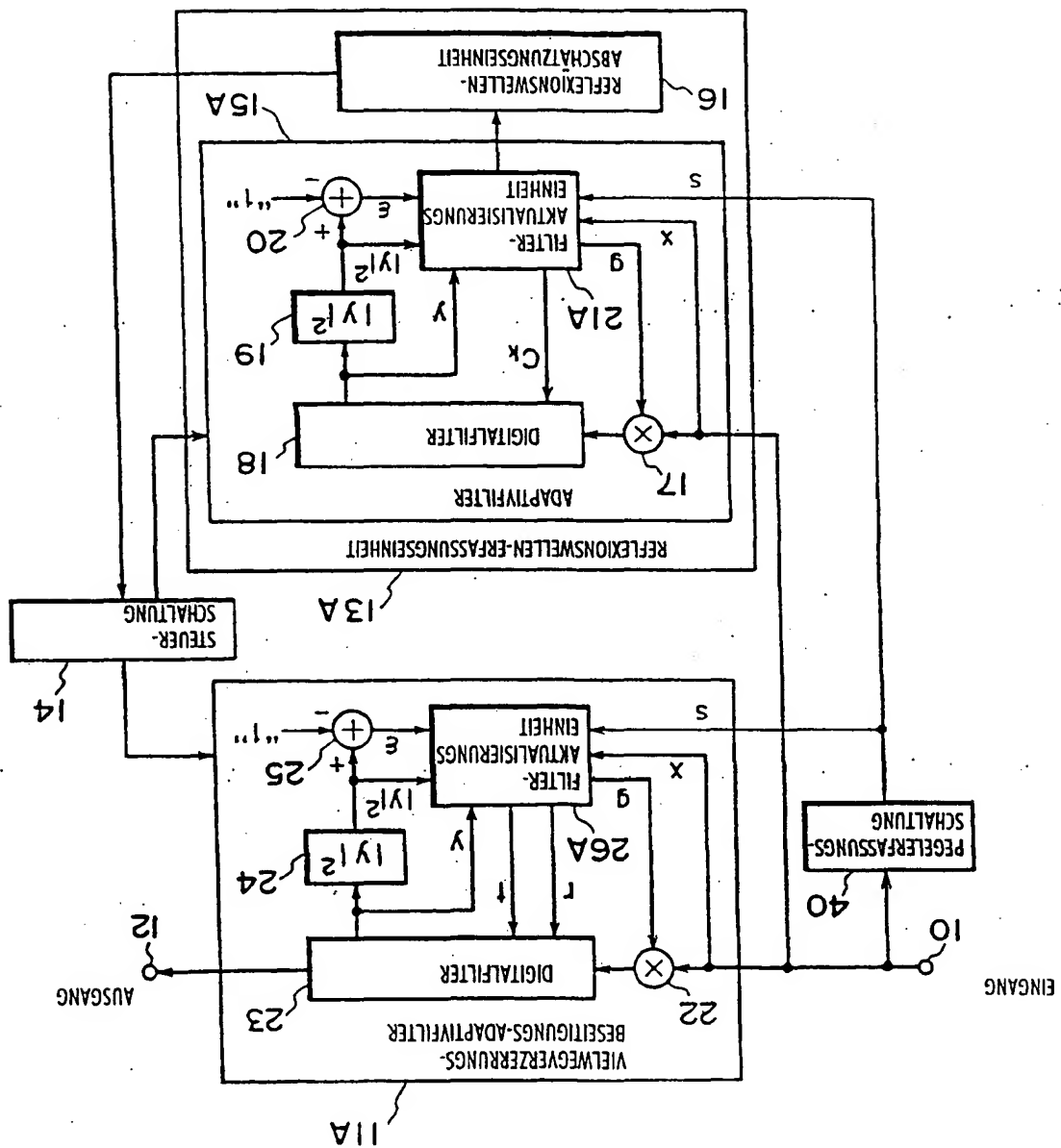


FIG. 7

31.05.01

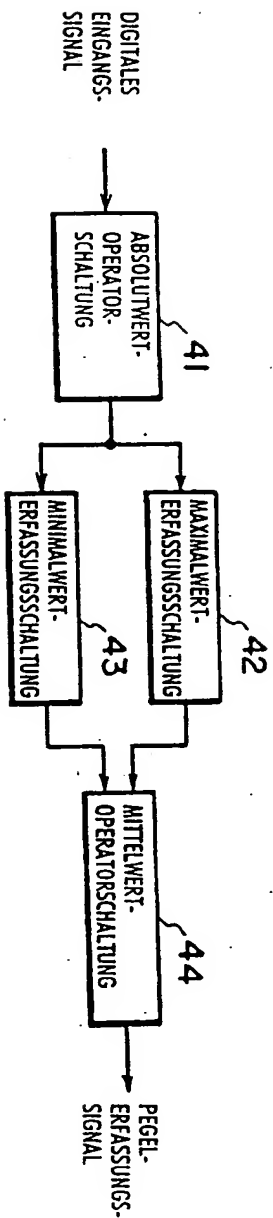


FIG. 8

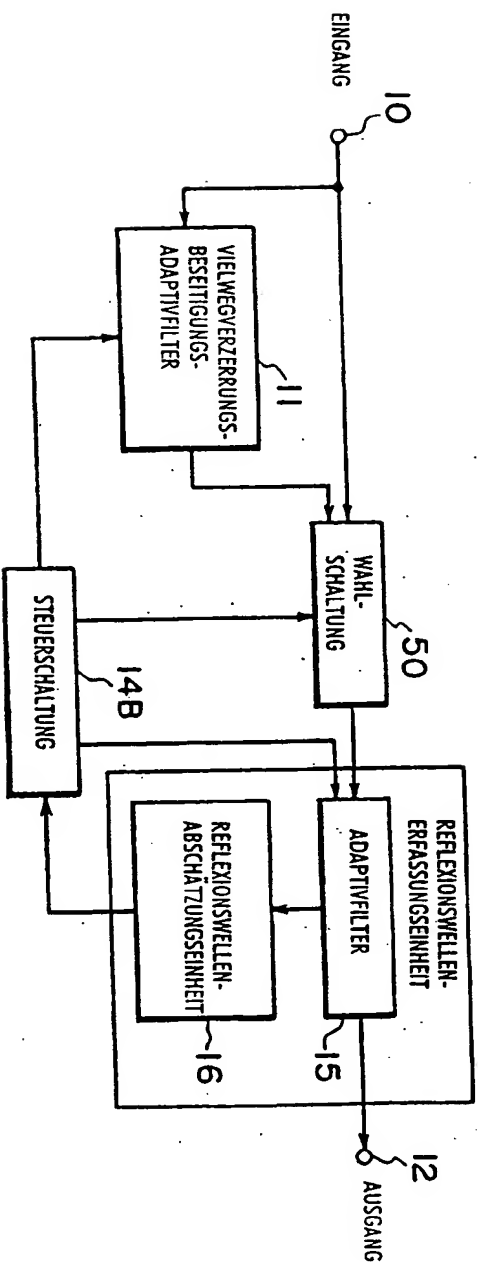


FIG. 9

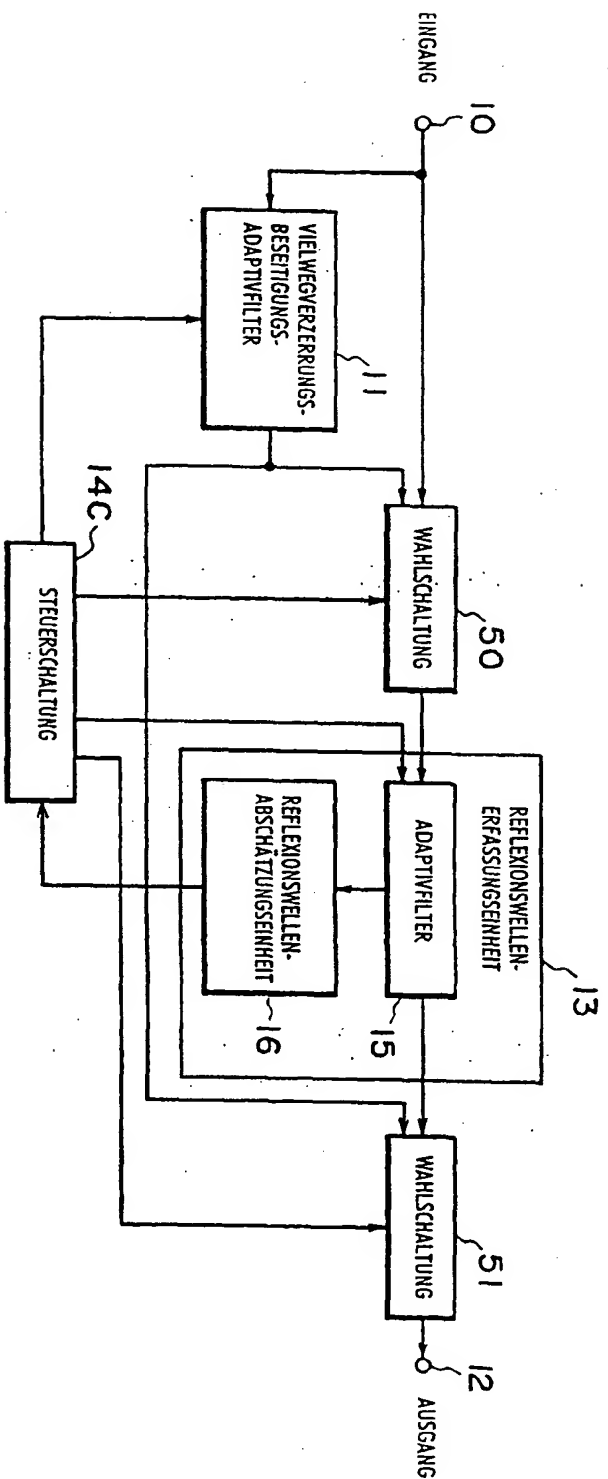


FIG. 10

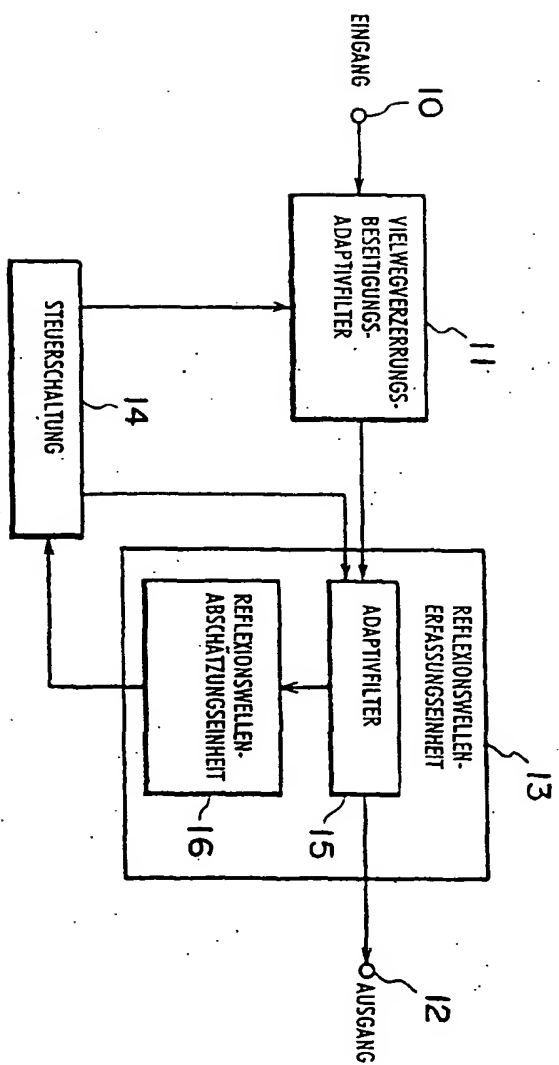


FIG. 11

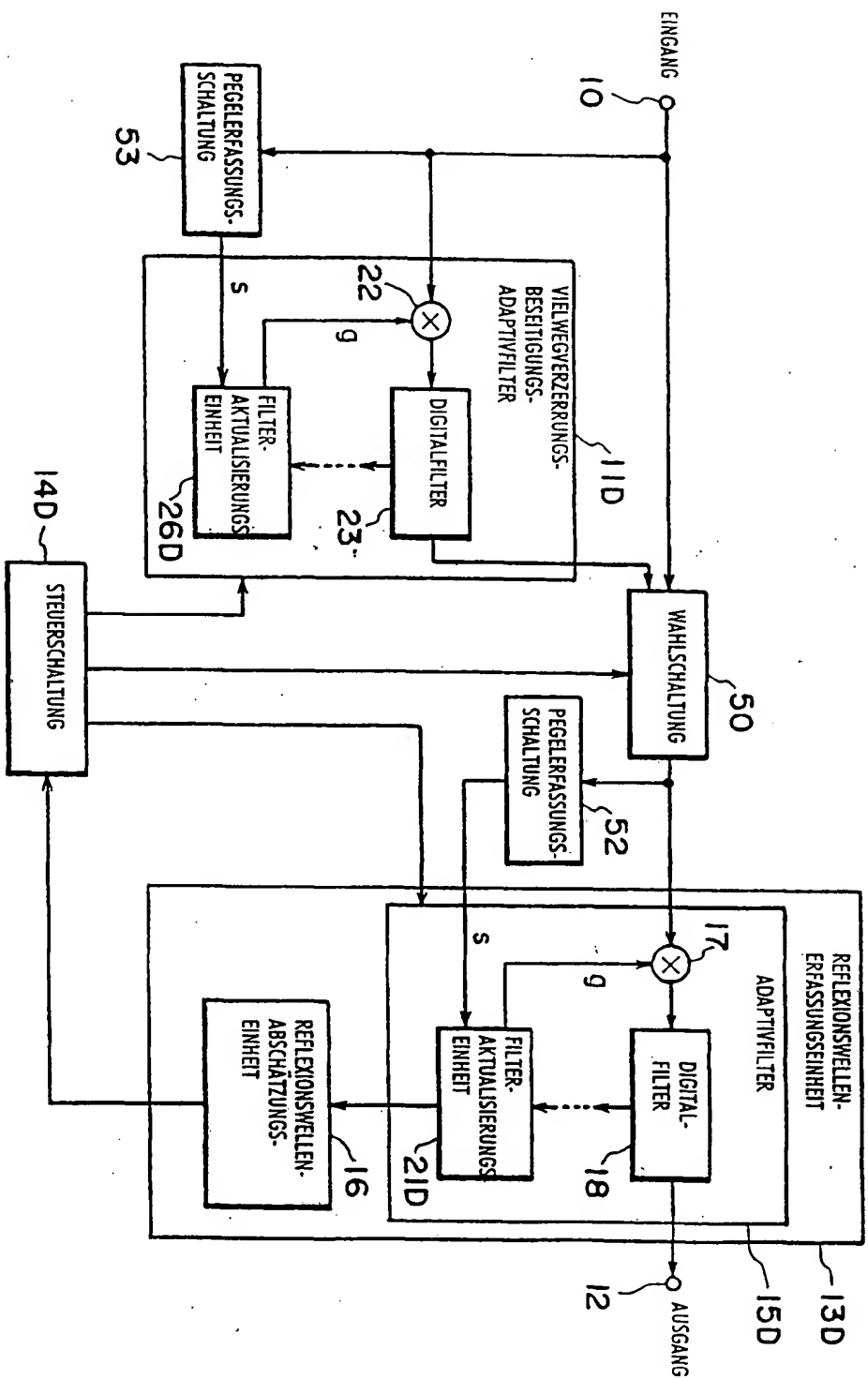


FIG. 12

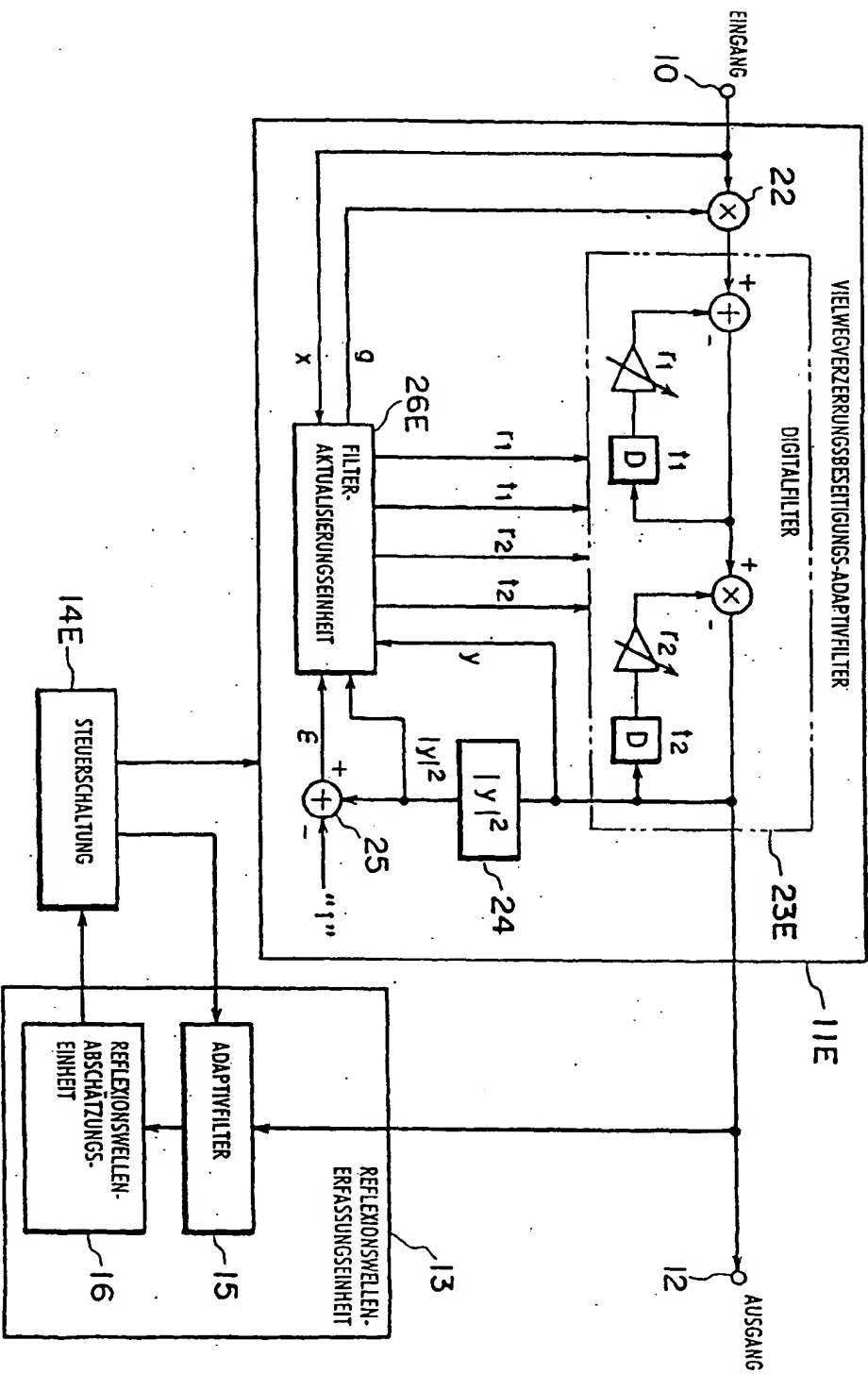
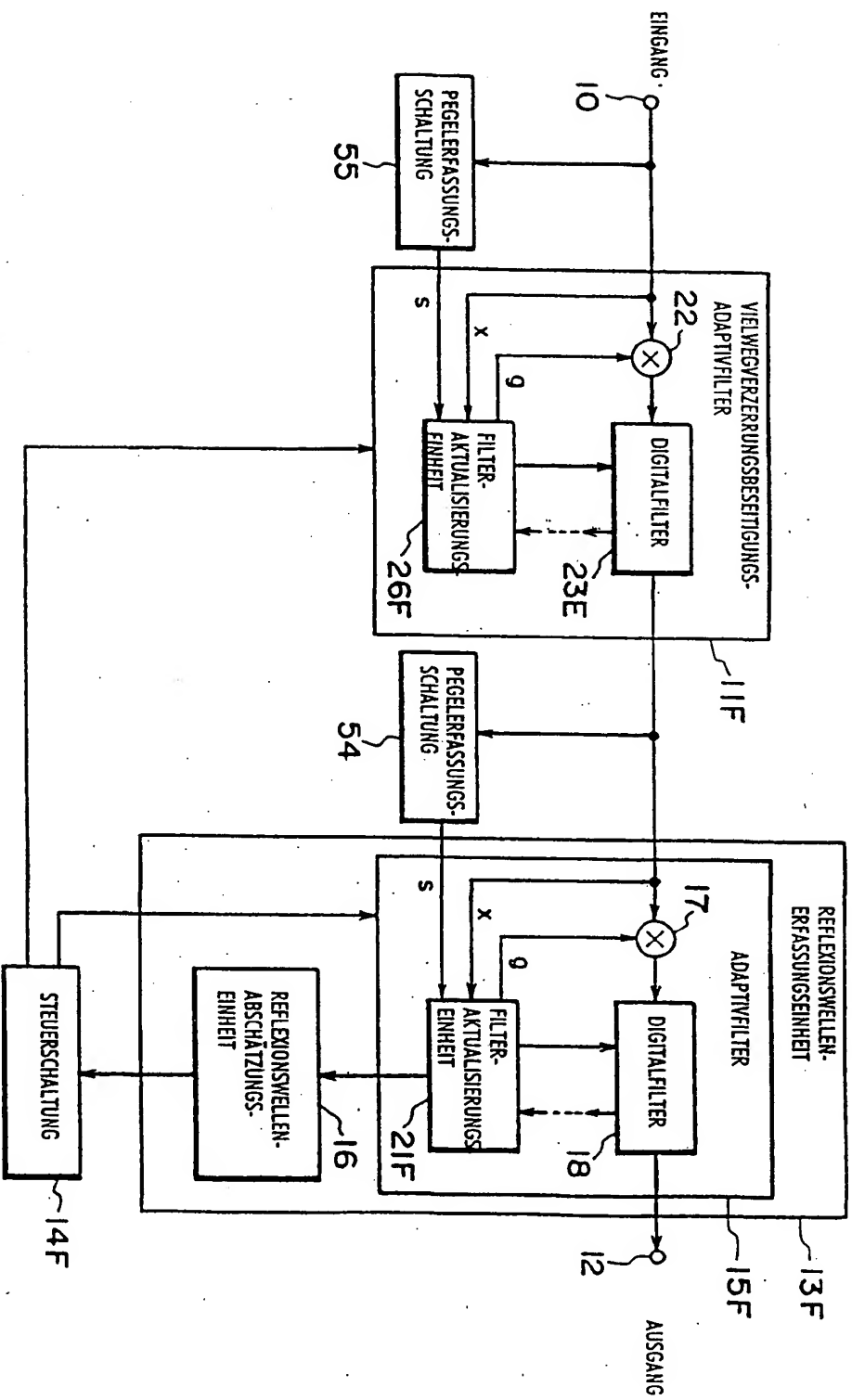


FIG. 13



12/15

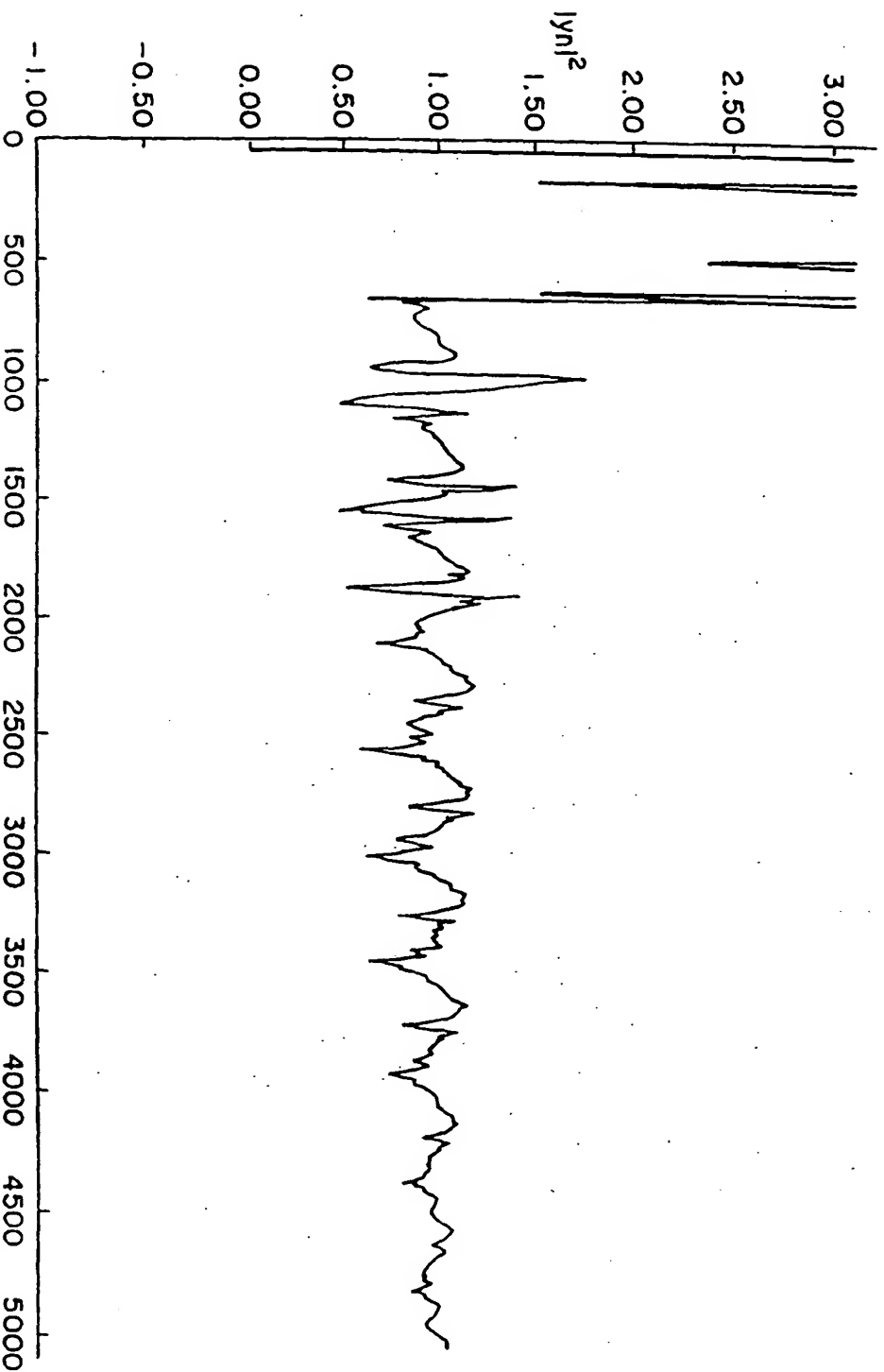
FIG. 14

31.05.01

31.05.01

SCHRITT

FIG. 15



13/15

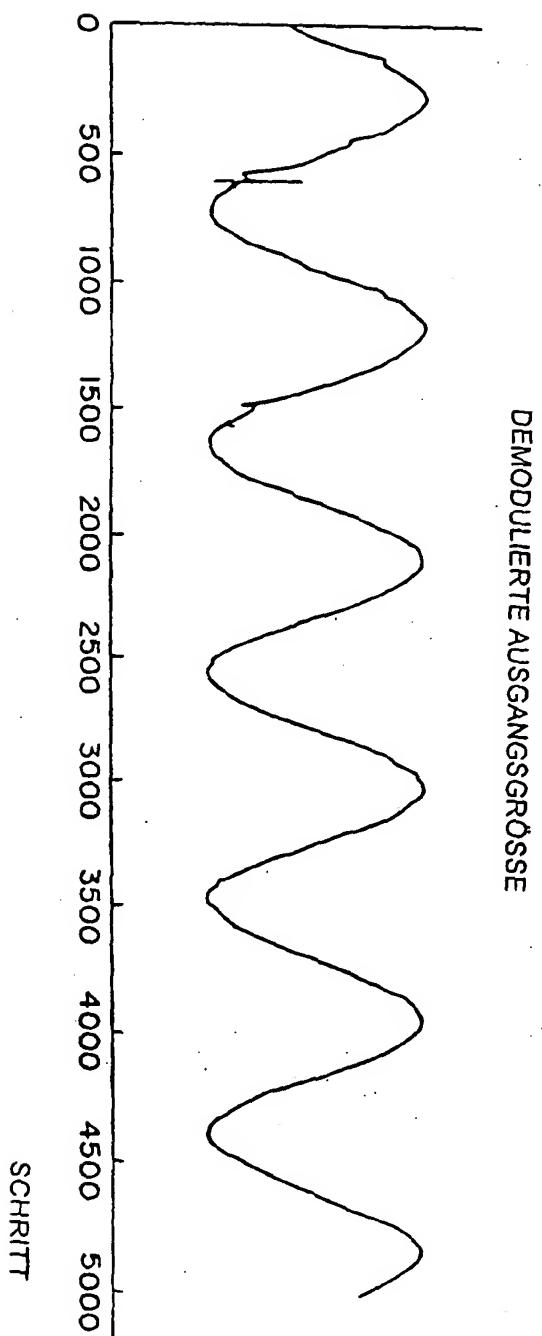


FIG. 16

14/15

10-90-12

BOOKET NO. 181-10350
SERIAL NO. 181-10350
APPLICANT: 181-10350
LEHNER AND GREENBERG P.A.
P.O. BOX 2480
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022
TEL: (954) 925-1100